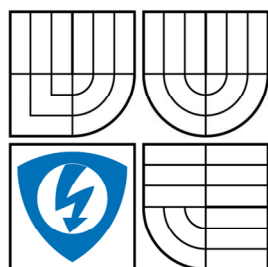


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘÍCÍ TECHNIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION**

ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ DOMU NEBO BYTU ŘÍZENÉ MIKROPROCESOREM

MICROPROCESSOR CONTROLLED SECURITY SYSTEM FOR HOUSE OR FLAT.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

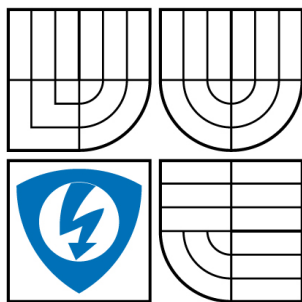
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MATĚJ KOZÁK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ MACHO, Ph.D.

BRNO 2009



VYSOKÉ UCENÍ

TECHNICKÉ V BRNE

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Matej Kozák
Rocník: 3

ID: 100279
Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Zabezpečovací zařízení domu nebo bytu řízené mikroprocesorem

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s problematikou systému pro zabezpečení budov a bytu.
2. Vyberte vhodná čidla pro zabezpečovací systém rodinného domu nebo bytu.
3. Navrhněte a realizujte mikroprocesorový systém, který by sloužil jako řídicí jednotka systému pro zabezpečení rodinného domu nebo bytu.
4. Řešte problematiku připojení čidel k mikroprocesorovému systému a jeho propojení s nadřazeným počítačem PC.

DOPORUCENÁ LITERATURA:

Dle vlastního výběru.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 1.6.2009

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Macho, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následku porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou zabezpečovacích systémů používaných v domech nebo bytech. Obsahuje popisy a principy nejpoužívanějších senzorů určených pro detekování zloděje, ale také ochranu bytu před požárem. Je zde vysvětleno řešení vhodného výběru senzorů a popsán návrh řídicí jednotky pro vyhodnocení informací ze senzorů a komunikaci s nadřazeným počítačem.

Klíčová slova

zabezpečovací zařízení, detektor pohybu, magnetický kontakt, požární ochrana, řídicí jednotka, senzor, detektor, Ethernet, S12NE64, přerušení.

Abstrakt

This thesis deals with security systems used in houses or flats. It contains descriptions and principles of most sensors for detecting a thief, but also protect the dwelling against fire. It explained the selection of appropriate solutions and sensor control unit described the proposal for the evaluation of information from sensors and communicate with computer.

Key words

Protecting device, motion detector, magnetic contact, fire protection, control unit, Ethernet, S12NE64.

Bibliografická citace práce

KOZÁK, M. *Zabezpečovací zařízení domu nebo bytu řízené mikroprocesorem*. Brno:
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních
technologií, 2009. 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Macho, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Zabezpečovací zařízení domu nebo bytu řízené mikroprocesorem jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **1. června 2009**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Machovi, Ph.D za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **1. června 2009**
podpis autora

.....

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. SYSTÉMY PRO ZABEZPEČENÍ BUDOV A BYTŮ	12
2.1 Detektory a senzory používané v zabezpečovacích systémech	12
2.1.1 Pyroelektrické detektory	13
2.1.2 Mikrovlnné detektory	14
2.1.3 Duální detektory	14
2.1.4 Akustické detektory	15
2.1.5 Optické senzory	15
2.1.6 Detektory kouře	16
2.1.7 Magnetické kontakty	18
2.1.8 Tísňový hlásič	18
3. ŘÍDICÍ JEDNOTKA ZABEZPEČOVACÍHO SYSTÉMU	19
3.1 Blokové schéma řídicí jednotky	19
3.1.1 Popis jednotlivých bloků	21
4. NÁVRH ŘÍDICÍ JEDNOTKY	22
4.1 Způsob připojení čidel k řídicí jednotce	22
4.2 Ochrana proti násilnému vniknutí	24
4.3 Výstup pro sirénu	25
4.4 Zapojení konektoru RJ-45 pro ethernet	27
4.4.1 Mikrokontrolér S12NE64 a ethernet	27
4.5 Napájecí část	28
4.6 Připojení LED diod k mikrokontroléru	32
4.7 Připojení externího oscilátoru k mikrokontroléru	33
4.8 Zapojení interfacu (background debug mód)	34
5. NÁVRH DESKY PLOŠNÉHO SPOJE	35
5.1 Úvodní informace	35
5.2 Napájecí část	35
5.2.1 Rozvržení součástek	35
5.2.2 Vedení země	36
5.3 Zapojení oscilátoru a jiných prvků k mikrokontroléru	38

6. SOFTWARE VYBAVENÍ ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY.....	40
6.1 Obsluha klávesnice	40
6.2 Obsluha AD převodníku	43
6.3 Přerušovací rutiny pro přerušení z portů.....	45
6.4 Obsluha real-time interrupt (RTI)	45
6.5 Program pro ovládání sirény pomocí PWM	48
7. ZÁVĚR.....	49
8. LITERATURA	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

obrázek 2.1 Schéma pyroelektrického elementu.....	13
obrázek 2.2 Blokové schéma mikrovlnného detektoru	14
obrázek 2.3 Blokové schéma akustického detektoru	15
obrázek 2.4 Princip optické závory	16
obrázek 2.5 Princip ionizačního detektoru: a, alfa částice generované prvkem americium b, elektrony vytváří el. proud c, kouř na sebe váže elektrony i ionty (proud klesá).....	17
obrázek 2.6 Princip senzoru kouře blokováním paprsku světla.....	17
obrázek 2.7 Princip senzoru kouře odkláněním paprsku světla	18
obrázek 3.1 Blokové schéma zabezpečovacího systému	20
obrázek 4.1 Schéma zapojení připojení čidla k systému.....	23
obrázek 4.2 Schéma zapojení obvodu pro detekci vniknutí do systému.....	25
obrázek 4.3 Schéma zapojení sirény	26
obrázek 4.4 Schéma zapojení konektoru rj-45 k pinům mikrokontroléru	27
obrázek 4.5 Schéma zapojení napájecí části	30
obrázek 4.6 Schéma připojení led diod k mikrokontroléru.....	33
obrázek 4.7 Pierceovo zapojení oscilátoru.....	34
obrázek 4.8 Schéma zapojení bkgd.....	34
obrázek 5.1 Rozvržení součástek a vrchní vrstva vodiču napájecí části.....	37
obrázek 5.2 Rozvržení součástek a spodní vrstva vodiču napájecí části	38
obrázek 5.3 Zapojení oscilátoru k pinům mikrokontroléru.....	39
obrázek 6.1 Schéma maticové klávesnice 4x4.....	40
obrázek 6.2 Algoritmus pro obsluhu maticové klávesnice	42

1. ÚVOD

Odjakživa se lidé dělí na ty, kteří se snaží svou životní úroveň a majetek navýšit poctivou prací a na lidi, kteří se snaží svou životní úroveň pozvednout způsoby, které sahají za hranice zákona. Nejúčinnější obranou proti těmto lidem je prevence. Proto je vhodné své domovy chránit důmyslnými zabezpečovacími systémy. Pokud zloděje informujeme o tom, že náš byt je elektronicky zabezpečen, většinou si rozmyslí, jestli se pokusí o vloupání. Aby bylo zabezpečení co nejdůkladnější, je potřeba dbát na zastřežení všech možných vstupů do bytu a v případě, že se narušitel ukryl v bytě, musí být toto zařízení schopno zjistit jeho pohyb a vyvolat poplach. Dále je třeba myslet na různé poruchy, jako třeba výpadky napětí nebo snaha o znehodnocení zabezpečovacího zařízení. Zabezpečení nemusí hlídat pouze násilné vniknutí, ale například i požár nebo v případě nemocných lidí by mělo být schopno přivolat pomoc, pokud dá takováto osoba signál, například stisknutím tlačítka.

Tato práce popisuje a vysvětluje principy a vhodná použití jednotlivých senzorů používaných v zabezpečovací technice, ale hlavně se zaměřuje na návrh řídicí jednotky, která je schopna vyhodnocovat informace ze senzorů a podle nich reagovat. Samotné programové vybavení našeho systému už je rozebráno jen okrajově, kde řešíme jen klíčové oblasti ovládání zařízení tak, aby pomocí této práce bylo možno sestavit funkční program pro komplexní ovládání systému.

2. SYSTÉMY PRO ZABEZPEČENÍ BUDOV A BYTŮ

2.1 DETEKTORY A SENZORY POUŽÍVANÉ V ZABEZPEČOVACÍCH SYSTÉMECH

V této kapitole si povíme, jak pracují nejpoužívanější senzory pro zabezpečovací systémy. Senzory obecně dělíme na:

- aktivní
- pasivní

U *aktivních* senzorů potřebujeme pro detekování a vyhodnocení měřené veličiny zdroj napájení. Pro správnou detekci stačí pouhá přítomnost neoprávněné osoby v objektu, která zajistí změnu měřené veličiny.

U *pasivních* senzorů k detekci změny měřené veličiny nepotřebujeme zdroj napájení, protože detekci vyvolá mechanická činnost nežádoucí osoby, která manipuluje se sříženým předmětem. Tato manipulace zapříčiní sepnutí či rozepnutí kontaktu.

Do skupiny aktivních senzorů můžeme zařadit tyto senzory:

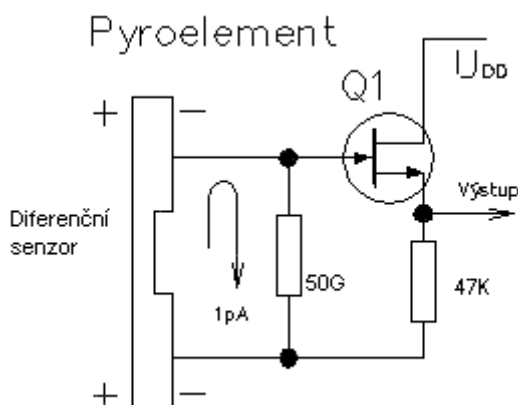
- pyroelektrické detektory (PIR)
- mikrovlnné detektory
- duální detektory
- akustické detektory
- optoelektrické detektory
- detektory kouře (analyzátory plynu)

Ve skupině pasivních senzorů to jsou například:

- magnetické kontakty
- tísňový hlásič

2.1.1 Pyroelektrické detektory

V těchto detektorech se využívá pyroelektrického jevu, kde senzor generuje elektrický náboj v závislosti na tepelném toku procházejícím pyroelektrickým elementem senzoru. Na obrázku 2.1. je zobrazen příklad pyroelektrického detektoru. Ten obsahuje dva stejné elementy, které jsou zapojeny jako diferenční senzor. Pokud se tedy tepelný obraz detekované osoby pohybuje, na senzoru vznikne časově proměnný náboj. Proud, který se vytvoří vlivem tepelného obrazu na senzoru, dosahuje řádově jednotky pA. Proto je potřeba, aby obvod, který tento proud vyhodnocuje, disponoval velkým vstupním odporem (řádově jednotky až stovky GΩ). Při zpracování signálu pomocí mikroprocesoru, lze vytvořit algoritmy, které jsou schopny minimalizovat falešné vyvolání poplachu způsobené například domácími zvířaty.

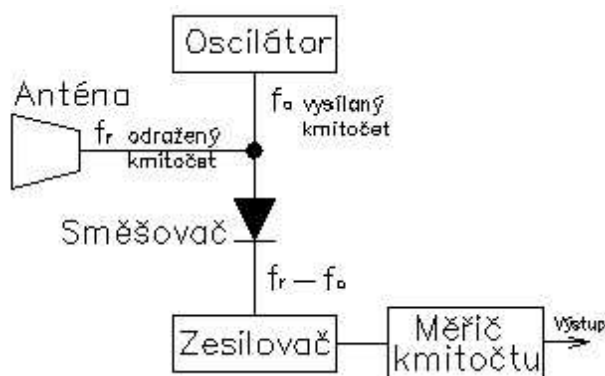


Obrázek 2.1 Schéma pyroelektrického elementu

Z principu detektoru je vhodné, aby tento senzor byl umístěn tak, aby případný pohyb narušitele, byl příčný. V případě pohybu k nebo od detektoru hrozí, že špatně detekuje pohyb. Dále by neměl být umístěn tam, kde hrozí odraz slunečních paprsků na detektor (skleněné plochy, zrcadla či jiné lesklé plochy). To by mohlo zapříčinit falešný poplach.

2.1.2 Mikrovlnné detektory

Tento druh detektoru vysílá do prostoru mikrovlnné záření o specifickém kmitočtu v pásmu X(10.525GHz) nebo pásmu K (24.125GHz). V závislosti na přijatém odraženém signálu vyhodnocuje pohyb ve střeženém prostoru. Zde je využito tzv. Dopplerova jevu, kde se kmitočet vlny odražené od pohybujícího předmětu změní. Ve vyhodnocovacím obvodu poté stačí vyhodnocovat rozdíl mezi kmitočtem původní a odražené vlny.



Obrázek 2.2 Blokové schéma mikrovlnného detektoru

U těchto detektorů hrozí vlivem propustnosti mikrovlnných vln některými materiály falešný poplach při pohybu mimo střežený prostor. U těchto detektorů je zase vhodné vybrat místo montáže tak, aby případný pohyb narušitele byl od nebo k detektoru.

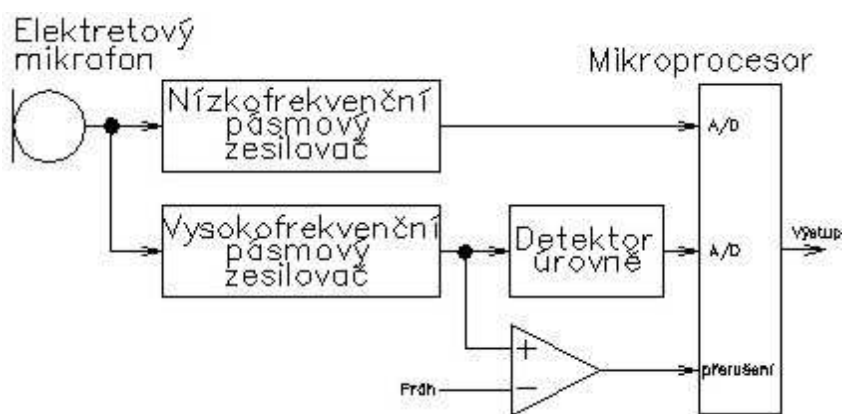
V případě použití více těchto detektorů v jedné místnosti je potřeba, aby byly mezi sebou synchronizovány nebo aby pracovaly v různých pásmech. V opačném případě by se navzájem ovlivňovaly.

2.1.3 Duální detektory

Aby se snížilo riziko falešnému poplachu, kombinují se v jednom detektoru dva různé principy detekce. Častým řešením je kombinace PIR detektoru a mikrovlnného detektoru.

2.1.4 Akustické detektory

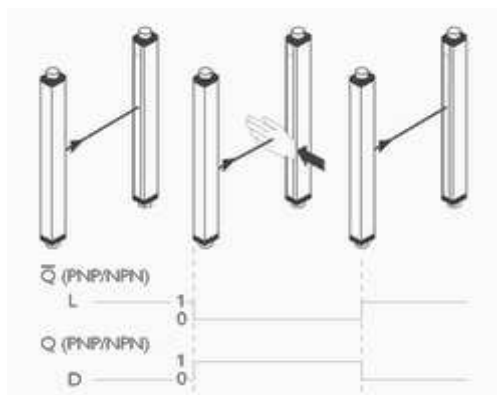
Jedním z možných zjištění vniku do objektu je i detekce zvuku ve střeženém prostoru. Ve většině případů, se detekuje zvuk tříštění skla (okno, skleněná zábrana). Správným zpracováním elektrického signálu z mikrofونů se dá velice dobře zabránit vzniku falešného poplachu.



Obrázek 2.3 Blokové schéma akustického detektoru

2.1.5 Optické senzory

Princip těchto senzorů spočívá v detekci přerušení světelného paprsku narušitelem. Skládají se z vysílače, který vyzařuje optický paprsek buďto s LED diodou, pro dosah cca 50m nebo laserovou diodou pro dosah až 300m. Druhou částí optozávory je přijímač, který je vybaven fotocitlivým prvkem (fototranzistor nebo PIN fotodiodami), který detekuje paprsek. Optozávoru můžeme použít jak ve venkovním, tak ve vnitřním provedení. Díky velkému dosahu, můžeme hlídat velké plochy. Abychom znemožnili vyhnout se paprsku, můžeme použít vysílač, který bude vysílat v infračerveném spektru. Pro pokročilejší detekování můžeme použít tzv. optické mříže. Ta je rozšířena o další světelné paprsky a tak je schopna zastřežit větší plochu. Při vyhodnocení přerušení paprsku jsme poté schopni přibližně určit například výšku narušitele.



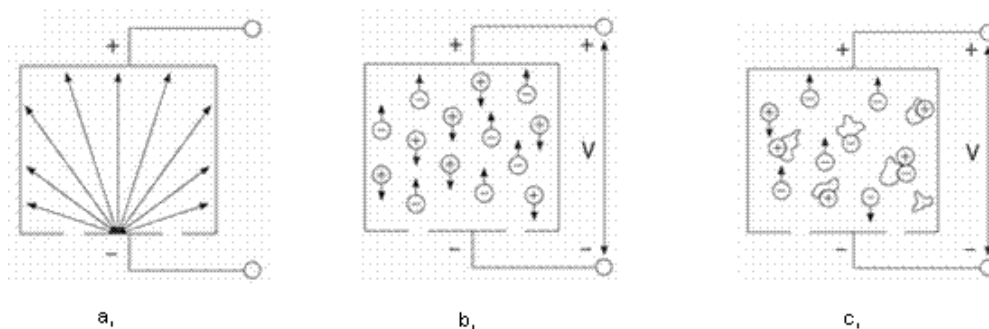
Obrázek 2.4 Princip optické závory

2.1.6 Detektory kouře

Při návrhu zabezpečení budovy není vník nežádoucích osob to jediné co je potřeba hlídat, protože důležitou částí je například i protipožární ochrana. Detektory kouře mohou včas odhalit případný požár a tak zajistit rychlou reakci. Obvykle se využívají dva typy detektoru (ionizační a fotoelektrický).

2.1.6.1 Ionizační detektor kouře

Využívá ionizační komoru a zdroj ionizačního záření. Uvnitř detektoru je velmi malé množství prvku americiu-241, který se využívá jako zdroj alfa záření. Princip spočívá v umístění dvou elektrod, které jsou připojeny ke kladnému a zápornému napětí. Alfa záření ionizuje atomy kyslíku a dusíku ve vzduchu a tím vytváří vodivou cestu mezi elektrodami. Celý detektor se pak v klidovém stavu chová jako zdroj proudu. V okamžiku, kdy se do komory dostanou částičky kouře, začnou přitahovat kladné ionty a hodnota proudu se sníží, což v mezním případě vyvolá poplach.



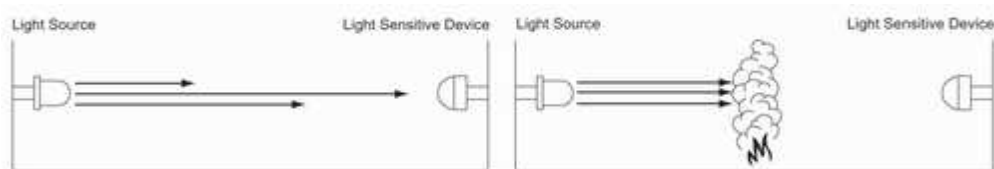
Obrázek 2.5 Princip Ionizačního detektoru: a, alfa částice generované prvkem americium b, elektrony vytváří el. proud c, kouř na sebe váže elektrony i ionty (proud klesá)

2.1.6.2 Fotoelektrický detektor kouře

Tyto detektory, využívající ke své činnosti světlo, pracují jedním ze dvou principu:

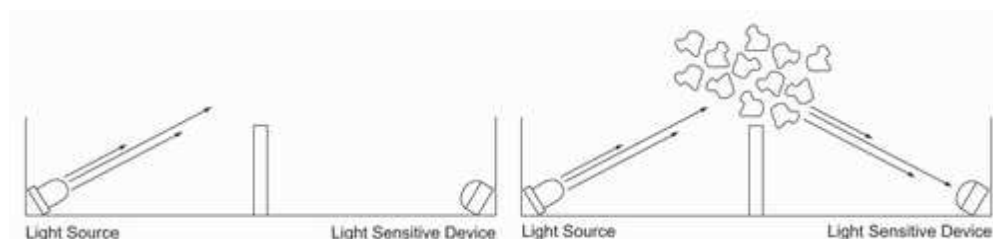
- blokování průchodu světla
- odklánění paprsku světla

Princip blokování světla spočívá v tom, že pokud je mezi zdrojem světla (LED dioda) a přijímačem (fotodioda, fototranzistor) kouř, tak se snižuje intenzita dopadajícího světla. V mezní situaci je hustota kouře natolik velká, že intenzita světla se sníží pod povolenou mez a spustí se poplach. Tato metoda je jednodušší a levnější než následující metoda.



Obrázek 2.6 Princip senzoru kouře blokováním paprsku světla

U *principu odklonu světla* je struktura detektoru složitější. Pokud je v senzoru přítomen kouř, světlo se může od něj odrazit a dopadnout na jinou část detektoru a to může být vyhodnoceno jako poplach.



Obrázek 2.7 Princip senzoru kouře odkláněním paprsku světla

Protipožární detektory obecně se umisťují blízko případného zdroje ohně (sporák, karmá, kamna apod.).

2.1.7 Magnetické kontakty

Pomocí těchto detektorů můžeme snadno zjistit otevření oken, dveří a jiných možných průchodů. Princip spočívá v tom, že na pohyblivé části je umístěn permanentní magnet a na statické části je samotný detektor. Ten vyhodnocuje, jestli je přítomno magnetické pole (dveře zavřeny a magnet je u detektoru) či nikoliv (dveře otevřeny).

2.1.8 Tísňový hlásič

Jedná se o tlačítko, které slouží k vyvolání poplachu pověřenou osobou. Většinou se instalují na veřejně skrytém místě, aby se zabránilo zneužití. Tento druh zabezpečení se využívá hlavně v obchodech u pokladen, bankách, starých lidí apod.

3. ŘÍDICÍ JEDNOTKA ZABEZPEČOVACÍHO SYSTÉMU

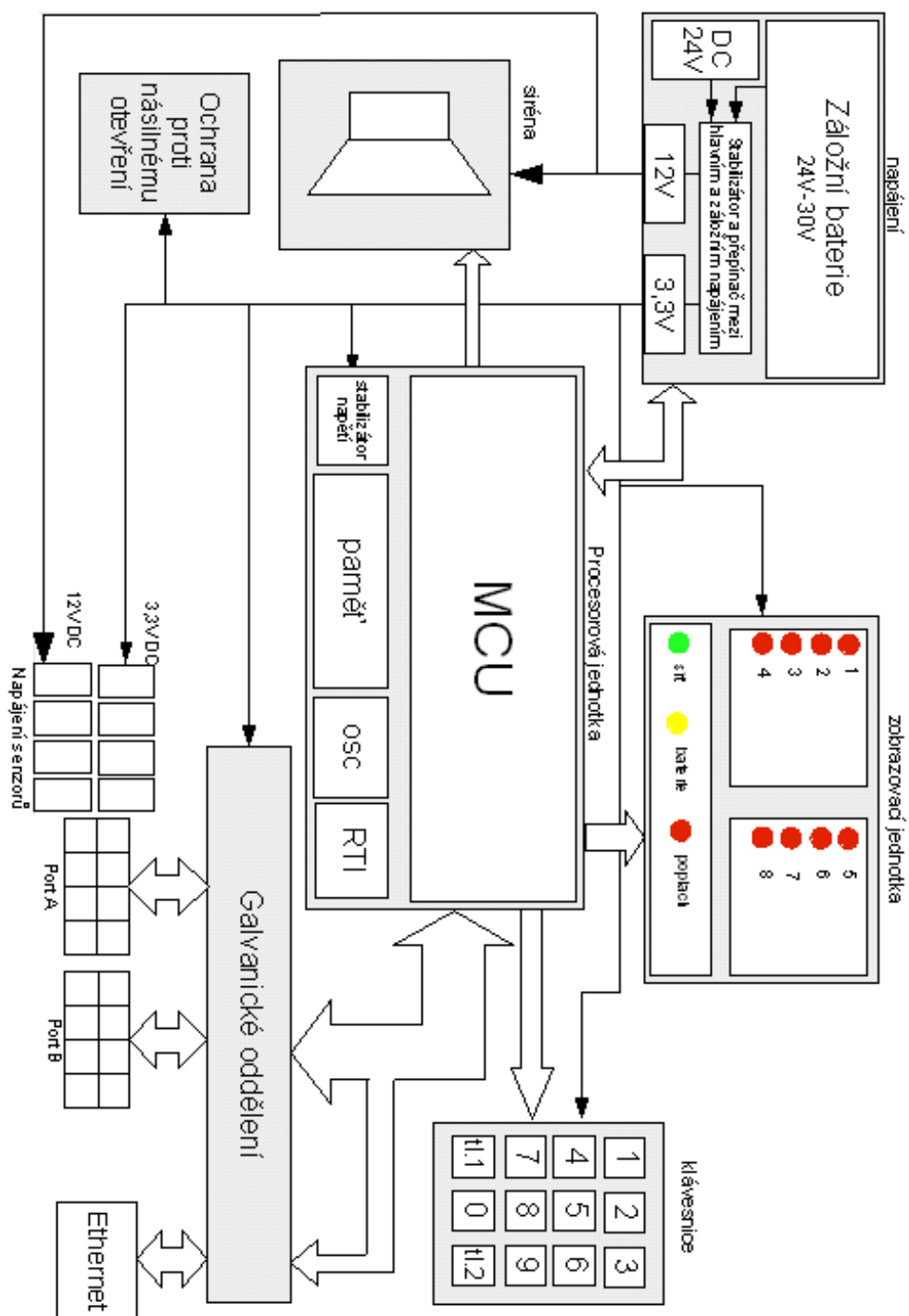
Nedílnou součástí zabezpečovacího systému je řídicí jednotka, která má za úkol vyhodnocovat informace ze senzorů a dává celému systému inteligenci. Při jejím návrhu je potřeba dbát na nejruznější chybové stavy a možné poruchy, které mohou při jejím provozu nastat.

3.1 BLOKOVÉ SCHÉMA ŘÍDICÍ JEDNOTKY

Před samotným návrhem je potřeba definovat, jaký prostor chceme střežit. Je totiž velký rozdíl, jestli navrhujeme systém pro byt 2+1 nebo jestli systém bude střežit velké objekty typu obchodní centrum, škola apod.

V našem případě se bude jednat o zabezpečovací systém pro menší prostory typu kancelář, byt nebo menší obchod. Do systému bychom měli být schopni připojit detektory pohybu, akustické detektory, protipožární ochranu a magnetické kontakty. Celý systém by poté měl být schopen komunikovat s nadřazeným PC. Měl by být imunní proti výpadkům napětí a měl by být schopen zjistit, že někdo mechanicky manipuluje s řídicí jednotkou bez oprávnění.

S ohledem na všechny zmíněné prvky a schopnosti systému je na následujících stranách popsán návrh řídicí jednotky.



Obrázek 3.1 Blokové schéma zabezpečovacího systému

3.1.1 Popis jednotlivých bloků

Zobrazovací jednotka slouží k zobrazení aktuálního stavu střeženého prostoru. V případě aktivování senzoru se rozsvítí LED dioda, která tento senzor zastupuje. Jiné LED diody zobrazují různé provozní či poruchové stavy, které mohou nastat.

Jednou z nejdůležitějších částí je propojení systému se senzory. V tomto propojení, musíme brát v úvahu napájení senzorů a výběr vhodné komunikace mezi senzorem a řídicí jednotkou. Dalším důležitým faktorem je maximální počet připojitelných senzorů. Abychom ochránili procesor od rušivých vlivů, které se mohou dostat po vedení až na porty mikrokontroléru, je potřeba provést galvanické oddělení. To je řešené pomocí optronů. Komunikace systému s nadřazeným počítačem, je řešená za pomoci ethernetu a v tomto případě je galvanické oddělení provedeno pomocí oddělovacích transformátorů.

Ústřední částí celé řídicí jednotky je procesorová jednotka, která má na starosti vyhodnocování signálů od senzoru, komunikaci s nimi, komunikaci s uživatelem pomocí nadřazeného počítače, komunikaci s obsluhou přes klávesnici a zobrazování výsledků v zobrazovací jednotce. Hlavní částí je MCU neboli procesor.

Abychom zajistili další ochrany proti neoprávněnému vniknutí do systému, či abychom mohli zadávat hesla a spouštět systém, musíme do jednotky přidat různé rozšiřující bloky jako například klávesnici, sirénu a ochranu proti otevření krytu. Ta slouží k tomu, aby zjistila neoprávněné mechanické odejmutí krytu. Tato situace by se vyhodnotila a odeslala by se nadřazenému počítači, který by upozornil obsluhu.

Jednou z klíčových částí je napájení. Musí být schopné dodat dostatek energie pro celou jednotku a senzory. Musí být připravena přepnout zdroj ze síťového na záložní napájení v případě, že se síťový zdroj odpojí (ať už z důvodů výpadku, či záměrného vytržení přívodního kabelu). Napájecí zdroj má za úkol ze vstupního napětí stabilizovat napětí pro nás potřebné a sice 12V a 3,3V. Tyto napětí budou nadále rozvedeny do senzorů a k napájení řídicí jednotky.

4. NÁVRH ŘÍDICÍ JEDNOTKY

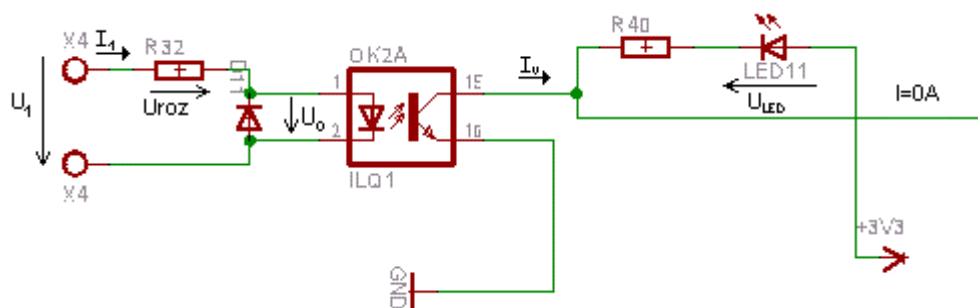
Při návrhu budeme vycházet z předchozí kapitoly, kde jsme si řekli, které části by naše řídicí jednotka měla obsahovat. Samotný návrh bude realizován v programu Eagle.

4.1 ZPŮSOB PŘIPOJENÍ ČÍDEL K ŘÍDICÍ JEDNOTCE

Jak již bylo řečeno, je potřeba, aby naše řídicí jednotka dokázala obsloužit dostatečný počet senzorů, které budou střežit menší objekt. Jelikož se bude jednat o senzory, které mají digitální výstup, nebudeme potřebovat žádné speciální komunikační rozhraní ale pouze digitální vstupy. Z tohoto důvodu budeme navrhovat systém pro maximálně 8 senzorů.

Na obrázku 4.1 můžeme vidět, jak je vyřešeno připojení externích signálů od zabezpečovacích čidel. Signál ze senzoru o potenciálu do 30V je přiveden na svorku X4, kde je pomocí rezistoru R32 snížena na 6V, které jsou přivedeny na vstupní svorky optočlenu. Ten nám zajišťuje galvanické oddělení. Dioda D11 je použita pro ochranu při přepólování svorek, kdy proud bezpečně projde přes diodu a tím bezpečně uzavře obvod a vstup optočlenu není namáhán.

Výstup z optočlenu je řešen jako spínací tranzistor, který spíná námi požadovaný signál. Jak je vidět na obrázku 4.1, na emitor tranzistoru je připojena zem, která uzavírá při sepnutém stavu obvod s kontrolní LED diodou a tím ji rozsvítí. Zároveň změní stav na vstupu do procesoru, který se při aktivní hodnotě signálu z optočlenu změní z log. 1 na log. 0. Jedná se o tzv. negativní logiku, která je odolnější proti poruše. Když se totiž ztratí signál, je to vyhodnoceno jako log. 0 a tím pádem si procesor myslí, že je senzor aktivní.



Obrázek 4.1 Schéma zapojení připojení čidla k systému

Výpočet hodnot rezistoru R32:

Při návrhu rezistoru si musíme uvědomit, velikost protékajícího proudu a napětí, které potřebujeme na vstupu do optočlenu a přibližnou maximální velikost proudu, který je schopen dodat senzor. Z datasheetu pro náš optočlen jsme vyčetli, že vstupní napětí je do 6V a maximální vstupní proud je 50mA. Abychom obvod nepřetěžovali, definujeme vstupní proud na 20mA a vstupní napětí na 6V. Výstupní signál z čidel bývá přibližně 30V a velikost proudu přibližně 20 až 30mA. Úbytek napětí na rezistoru je rozdíl vstupního napětí z čidel a požadovaného vstupního napětí na optočlenu

$$U_{roz} = U_1 - U_0 = 30 - 6 = 24V. \quad (1)$$

Výsledná hodnota odporu tedy bude záležet na vypočteném rozdílu napětí (1) a požadovaném proudu v obvodě $I_1 = 20mA$

$$R_{32} = \frac{U_{roz}}{I_1} = \frac{24}{0,02} = 1200\Omega. \quad (2)$$

V řadě E24 vybereme tedy hodnotu odporu 1200Ω. Velikost rezistoru R40 vypočteme dosazením napětí 3,3V a požadovaným proudem, který určíme podle použité LED diody. Na LED diodě v propustném směru vzniká úbytek napětí přibližně 1,2V. V našem případě jsme určili proud diodou na 12mA

$$R_{40} = \frac{U_{3,3V} - U_{LED}}{I_v} = \frac{3,3 - 1,2}{0,012} = 175\Omega. \quad (3)$$

Z řady E24 vybereme nejbližší větší hodnotu odporu, a sice 180Ω.

4.2 OCHRANA PROTI NÁSILNÉMU VNIKNUTÍ

Tato část je velmi důležitým prvkem celého systému. Je potřeba, aby systém byl schopen detekovat snahu narušitele znehodnotit zařízení. Tuto možnost nám poskytuje zapojení na obrázku 4.2, kde jsme pomocí dvou odlišných metod schopni tuto činnost zjistit. Mechanická část obsahuje mikrospínač, který je při uzavřeném krytu sepnut a výstup je tedy v log. 0. Jakmile se spínač rozpojí, na výstup se přivede log. 1 a procesor dostane impulz o vniku do jednotky. Druhý přístup jak zjistit vnik do systému je pomocí fototranzistoru, který vyhodnocuje přítomnost světla. Jakmile se v systému objeví světelné záření, které tam v normálním stavu není, na výstup přivede log. 1 a tím dá signál procesoru.

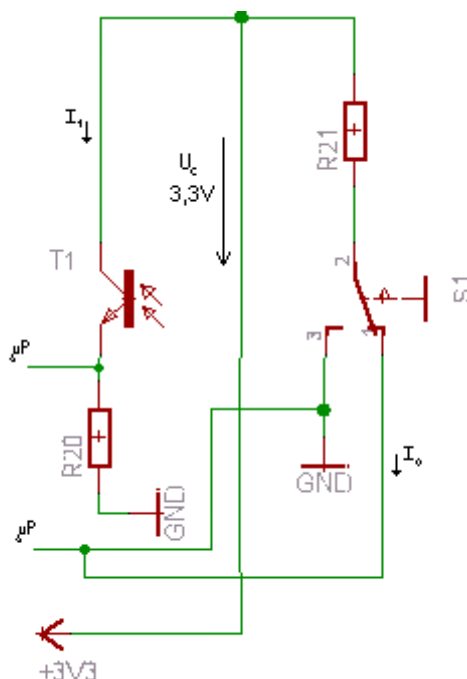
Jak je patrné ze schématu, optický snímač je vyhodnocován pouze v případě, že je zároveň, pomocí jumperu, rozpojený mikrospínač. Proto je na vůli majitele, jaký typ vyhodnocování si vybere a podle toho připojí jumper. Aby vše pracovalo správně, je potřeba pomocí jumperu také připojit do obvodu napájecí napětí.

Pro výpočet odporu R_{20} a R_{21} budeme postupovat tak, že si opět řekneme, jak velký chceme, aby obvodem protékal proud. Ten jsme určili na 2 mA. Výpočet tedy bude obdobný jako v předešlém případě.

$$R_{20} = \frac{U_C}{I_1} = \frac{3,3}{0,002} = 1650\Omega. \quad (4)$$

Nejbližší vyšší hodnota odporu v řadě E24 je 1800Ω . Výsledný proud se tedy sníží na hodnotu

$$I_1 = \frac{U_C}{R_{20}} = \frac{3,3}{1800} = 0,00183mA. \quad (5)$$



Obrázek 4.2 Schéma zapojení obvodu pro detekci vniknutí do systému

4.3 VÝSTUP PRO SIRÉNU

Siréna v našem systému bude sloužit pro informování majitele nebo okolí o narušení objektu. Ovládací obvod je v tomto systému řešen tak, že procesor pomocí výstupu pro pulzní šířkovou modulaci ovládá tranzistor, který je ve spínacím režimu, kde spíná reproduktor. Schéma obvodu je znázorněno na obrázku 4.3. Proud protékající spínaným obvodem je určen součtem vlastního odporu reproduktoru a do série zapojeným odporem R41.

Návrh rezistoru R41:

Proud protékající reproduktorem je potřeba určit velikostí rezistoru R41. Jelikož je potřeba, aby spotřeba energie byla malá, musíme tento proud omezit na rozumnou hodnotu. Proto velikost I_C bude 120mA.

$$(R_{41} + R_{BUZZ}) = \frac{U_{12}}{I_C} = \frac{12}{0,12} = 100\Omega. \quad (6)$$

Jelikož vnitřní odpor reproduktoru je $R_{BUZZ} = 16\Omega$, hodnota odporu R41 musí být

$$R_{41} = 100 - R_{BUZZ} = 84\Omega. \quad (7)$$

Tranzistor Q2 slouží jako spínací tranzistor pro ovládání reproduktoru. Při návrhu je potřeba znát spínaný proud protékající reproduktorem a zesilovací činitel h_{21E} . Ten je roven 160 a proud $I_C = 120\text{mA}$.

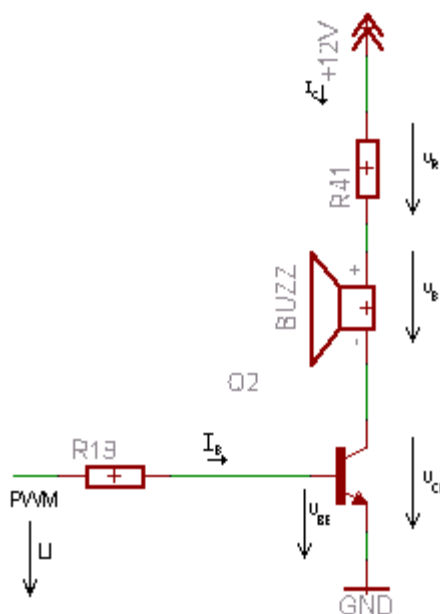
Bázový proud musíme podle rovnice (8) zvolit tak, aby byl větší než by odpovídalo přirozenému zesilovacímu činiteli h_{21E} v daném pracovním bodě. Z tohoto důvodu zvolíme bázový proud tak, aby vnucený zesilovací činitel byl roven 25.

$$I_B = \frac{I_C}{h_{21E}} = \frac{0,12}{25} = 4,8\text{mA}, \quad (8)$$

a odpor R_{13} bude roven

$$R_{13} = \frac{U - U_{BE}}{I_B} = \frac{3,3 - 0,6}{0,0048} = \frac{2,7}{0,0048} = 562,5\Omega. \quad (9)$$

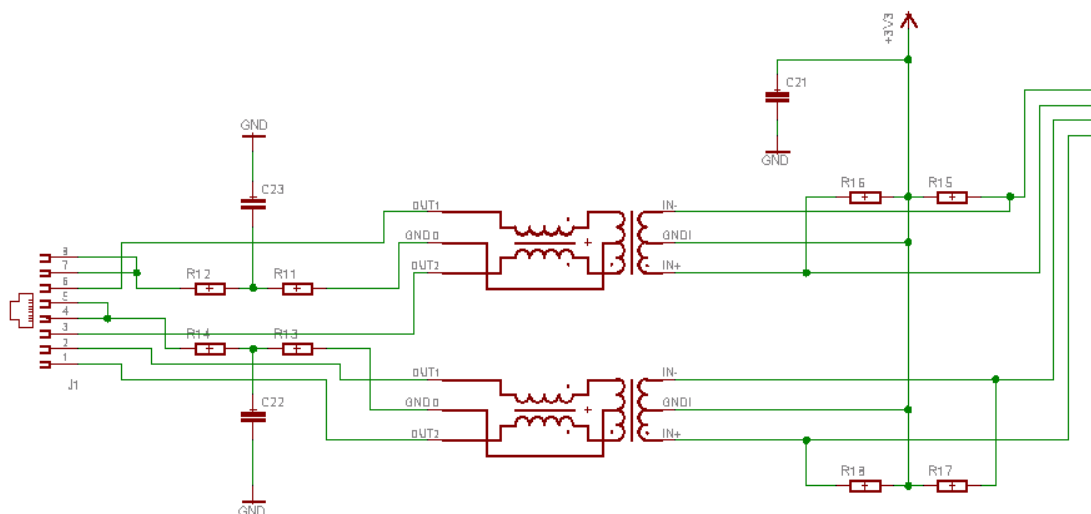
Z řady E24 vybereme nejbližší hodnotu, a sice 560Ω .



Obrázek 4.3 Schéma zapojení sirény

4.4 ZAPOJENÍ KONEKTORU RJ-45 PRO ETHERNET

Vlastní konektor RJ-45 je od procesoru oddělen dvěma oddělovacími transformátory. Jeden pro odchozí vodiče a jedním pro příchozí vodiče. Dále jsou použity zakončovací rezistory R15 až R18 o hodnotách $49,9\Omega$ a odpory R11 až R14 o hodnotách 75Ω . Zapojení je převzato z dokumentace k mikrokontroléru S12NE64.



Obrázek 4.4 Schéma zapojení konektoru RJ-45 k pinům mikrokontroléru

Konektor RJ-45 je propojen podle standardního zapojení varianty B. Toto zapojení umožňuje komunikaci rychlostí 10Mb/s popřípadě 100Mb/s, jelikož ke komunikaci jsou využívány jen dva páry vodičů na pinech 1,2,3 a 6, což v našem případě plně postačuje.

4.4.1 Mikrokontrolér S12NE64 a ethernet

Mikrokontrolér řady S12NE64 ke komunikaci přes ethernet využívá dva subbloky a sice Ethernet Media Access Controller (EMACV1) a Ethernet Physical Transceiver(EPHYV2)

Pomocí bloku EMACV1 mikrokontrolér spravuje vytváření paketu a jeho správné odeslání do EPHYV2. EMACV1 podporuje například:

- Kompatibilitu s IEEE 802.3
- Full-duplex a half-duplex mód
- Dva buffery pro příchozí data a jeden buffer pro odchozí data
- Kontrolu datového toku

Blok EPHYV2 se stará o zpracování dat z bloku EMACV1 a jejich správné odeslání přes ethernet. Naopak příchozí data z ethernetu dešifruje a poskytne je bloku EMACV1 k jejich následnému zpracování. Blok EPHYV2 podporuje například:

- Kompatibilita s IEEE 802.3
- Full/Half-duplex mód
- 125MHz generátor
- Auto-negotiation
- 10BASE-T
- 100BASE-TX

4.5 NAPÁJECÍ ČÁST

Klíčovou částí při návrhu je napájecí zdroj. Ten musí být schopen do systému dodat dostatek energie i při výpadku napájecího napětí. Z tohoto důvodu si musíme určit, jaká napětí potřebujeme a jaké proudové zatížení budeme potřebovat v krajních stavech.

Mezi největší odběratele energie bude určitě siréna, která bude používat napětí 12V a proud 120mA. Neméně náročné bude napájení senzorů. Při připojení všech 8 senzorů na napětí 12V a maximálním odběrem při spuštění alarmu 50mA, bude celkový odebíraný proud 400mA. Maximální možný odběr mikrokontroléru S12NE64 je 285mA při napětí 3,3V, ale v našem případě tento stav nikdy nenastane. Pro dimenzování napájecí části musíme brát v úvahu maximální možné stavy. Posledním prvkem jsou LED diody, které indikují aktivní připojený senzor. Odběr při jednu z 8 LED diod je 20mA, a proto celkový možný odběr, který může nastat je

160mA při napětí 3,3V. Obvod pro detekci vniknutí do systému, nemusíme brát v úvahu, protože jeho odběr je již zahrnut v maximálním odběru mikrokontroléru stejně jako indikační LED diody připojené přímo na mikrokontrolér.

Tabulka č.1: Maximální odebíraný proud pro napětí 3,3V:

Spotřebič	S12NE64	LED diody
Proud [mA]	285	160

Tabulka č.2: Maximální odebíraný proud pro napětí 12V:

Spotřebič	Napájení senzorů	Siréna	Stabilizátor 3,3V
Proud [mA]	400	120	345

Tabulka č.3: Celkové odběry podle napětí:

Napětí [V]	Proud [mA]
12	865
3,3	345

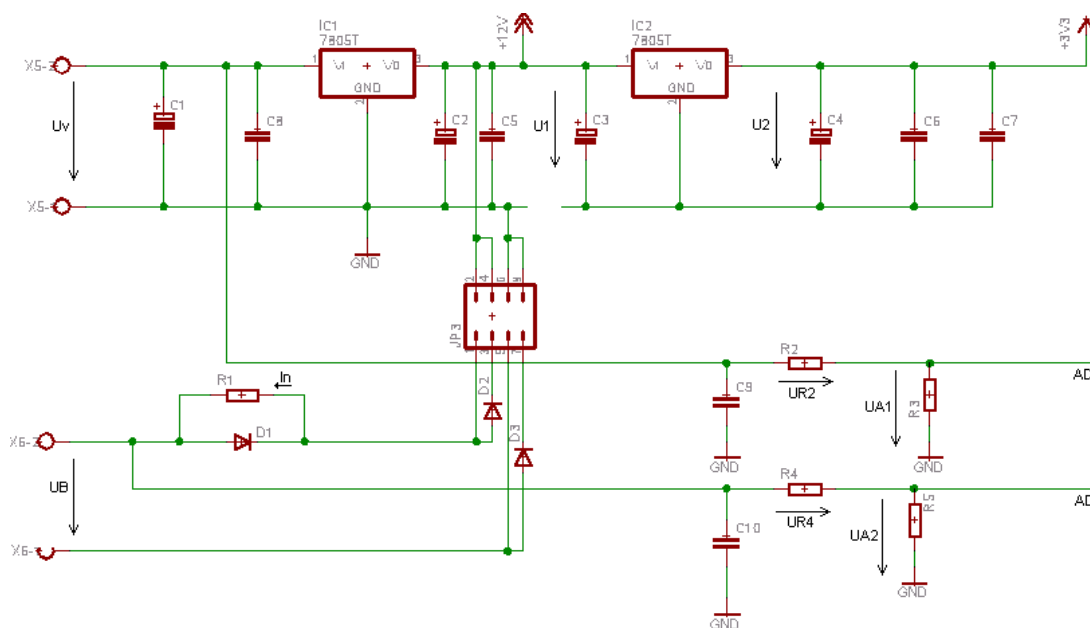
Napájecí vstupy do zařízení jsou jak ze síťového zdroje, tak z akumulátoru, který slouží jako náhradní zdroj energie v případě výpadku primárního napájení. Vstup akumulátoru je ošetřen tak, aby bylo možné připojit jak akumulátor, který dokáže energii vydávat, ale i přejímat (nabíjení), tak jiný zdroj, který dokáže energii pouze vydávat. K tomuto účelu slouží možnost výběru pomocí jumperů. Pokud obvod zapojíme s usměrňovacími diodami, budeme používat zdroj, který není schopen přijímat energii. V opačném případě při vynechání diod budeme schopni energii dodávat do akumulátoru. Abychom určili nabíjecí proud, použijeme rezistor R1. Schéma napájecího obvodu je znázorněno na obrázku 4.5.

Primární napájení je řešeno pomocí stabilizátorů napětí, které vstupní napětí přeměňují na námi požadované hodnoty. Jako blokovací kondenzátory na vstupu napájecího napětí na DPS jsou použity kondenzátory C1 (elektrolytický kondenzátor) a C8 (keramický kondenzátor). Kombinace keramického kondenzátu spolu s kondenzátorem elektrolytickým disponuje rychlou reakcí na nedostatek proudu a zároveň poměrně nízkou parazitní indukčností.

Blokovací kondenzátory slouží jako takový mezistupeň mezi zdrojem a spotřebičem, který v případě nedostatku energie, dokáže zdroj zastoupit a tento nedostatek eliminovat.

Kondenzátory C2 až C5 v napájecí části slouží také jako blokovací kondenzátory, které zásobují stabilizátory napětí. Kondenzátory C6 a C7 blokují hlavní procesor, jelikož napájení procesoru se vede podél celého zařízení, kondenzátor C7 je umístěn v blízkosti LED diod, které jsou spínány na stejném rozvodu napájení, na kterém je připojen procesor. Pro úplnost je použit ještě kondenzátor C6, který je umístěn v těsné blízkosti procesoru.

Schéma zapojení celého napájecího bloku je znázorněno na následujícím obrázku.



Obrázek 4.5 Schéma zapojení napájecí části

Pro kontrolu hodnoty primárního napětí i hodnoty napětí na akumulátoru je použit zabudovaný A/D převodník v mikrokontroléru S12NE64. Abychom byly schopni měřit hodnoty větší, než je referenční napětí na převodníku (3,3V), musíme použít odporový dělič (rezistory R2 až R5). Jelikož je vstupní napětí U_V je v rozmezí 13 až 30V, což je dáno mezními hodnotami napětí na vstupu stabilizátoru, které je schopen zpracovat, a my jsme schopni měřit jen hodnoty do 3,3V, musíme zajistit, aby horní hranice (30V) odpovídala horní hranici možného napětí na převodníku (3,3V). Návrh odporového děliče je popsán níže.

Výpočet rezistoru R1:

Z Ohmova zákona víme, že odpor je dán podílem napětí a proudu.

Definujeme velikost proudu I_N na 40mA. Abychom byly schopni nastavit nabíjecí proud, musíme přibližně vědět napětí na vybitém akumulátoru. Při normálním napětí 12V to bývá přibližně 8V. Po dosazení dostaneme vztah pro velikost odporu R1.

$$R_1 = \frac{U_1 - U_B}{I_N} = \frac{12 - 8}{0,04} = 100\Omega. \quad (10)$$

Je patrné, že nabíjecí doba akumulátoru bude vzhledem k malému nabíjecímu proudu značně dlouhá. Pro zkvalitnění nabíjení by bylo možné doplnit systém o specializované integrované obvody, které dokáží kvalitně zastat nabíjecí proces. V této práci se ovšem nabíjením akumulátoru zabýváme jen okrajově.

Výpočet odporového děliče:

Při návrhu si musíme říci, v jakém poměru potřebujeme dělit výstupní napětí ku vstupnímu. V našem případě máme dvě větve, které potřebujeme upravit. První větev je vstupní napětí do obvodu, které se pohybuje v rozmezí 13V až 30V. A jelikož jsme schopni měřit napětí jen do 3,3V, musíme tedy použít poměr přibližně 10:1. K výpočtu hodnot odporů použijeme vzorec, který popisuje odporový dělič.

$$U_{vyst} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{vst}. \quad (11)$$

Z rovnice (11) je tedy patrné, že poměr $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ nám určuje poměr mezi vstupním a

výstupní napětím. Jelikož jsme si řekli, že chceme poměr 10:1, musí se tedy $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$

rovnat 0,1. Hodnoty rezistorů podle toho musíme vybrat. Pro rezistory ve větvi pro měření vstupního napětí jsme vybrali $R_1 = 1\text{M}\Omega$ a $R_2 = 110\text{k}\Omega$.

Pro větev měřící napětí na sekundárním zdroji musíme vybrat jiný poměr, protože zde je dáno přesné napětí, které je potřeba dodržet a sice 12V. Proto dělicí poměr

bude přibližně 4:1. Proto se musí $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ rovnat přibližně 0,25. V této větvi jsme

tedy vybrali hodnoty rezistorů $R_1 = 82\text{k}\Omega$ a $R_2 = 18\text{k}\Omega$.

Ztrátový výkon na stabilizátorech je závislý na vstupním napětí, výstupním napětí a vstupním proudu na stabilizátoru.

$$P = (U_{vst} - U_{vys}) I_{vst} , \quad (12)$$

Dosazením hodnot pro maximální odběr dostaneme maximální ztrátový výkon, který na stabilizátoru vzniká. $U_{vst}=12\text{V}$, $U_{vys}=3,3\text{V}$ a $I_{vst}=0,345\text{A}$.

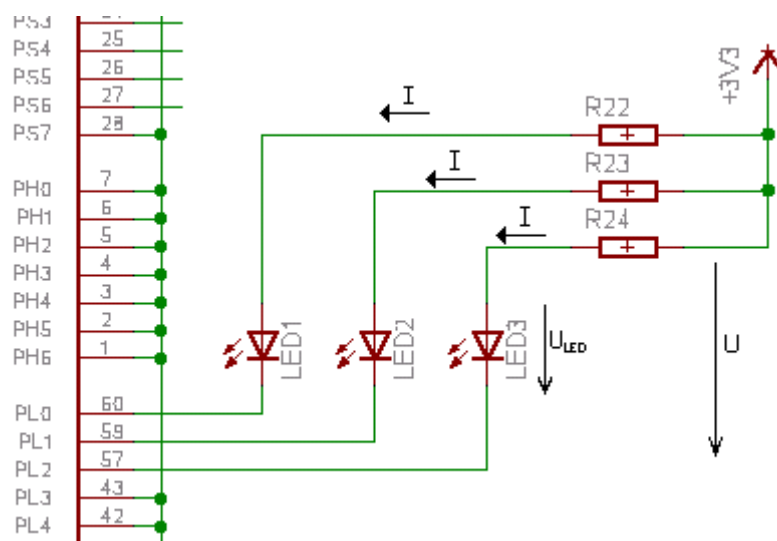
$$P = (U_{vst} - U_{vys}) I_{vst} = (12 - 3,3) 0,345 = 10,8615\text{W} . \quad (13)$$

U druhého stabilizátoru bude situace obdobná. Jak je patrné z výpočtu (13), aby se snížil ztrátový výkon, je vhodné pracovat s nižším vstupním napětím.)

4.6 PŘIPOJENÍ LED DIOD K MIKROKONTROLÉRU

Na výstup mikrokontroléru je připojena LED dioda s rezistorem v sérii.

Hodnota odporu nám definuje protékající proud větví. Jelikož je větev zakončena kladným potenciálem, pro rozsvícení diody bude potřeba výstup přivést do log. 0.



Obrázek 4.6 Schéma připojení LED diod k mikrokontroléru

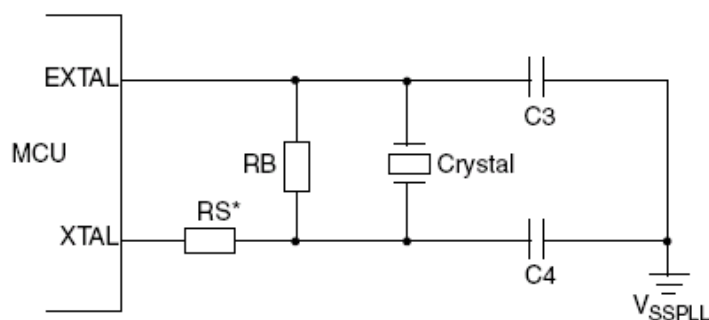
Při návrhu použijeme stejné hodnoty jako v případě výpočtu (3).

$$R_{22} = \frac{U - U_{LED}}{I} = \frac{3,3 - 1,2}{0,012} = 175\Omega. \quad (14)$$

Z řady E24 vybereme nejbližší větší hodnotu odporu pro rezistory R22, R23 a R24, a sice 180Ω.

4.7 PŘIPOJENÍ EXTERNÍHO OSCILÁTORU K MIKROKONTROLÉRU

Při zapojení externího oscilátoru k mikrokontroléru použijeme Pierceovo zapojení, které se vyznačuje dobrou stabilitou. Schéma tohoto zapojení je na obrázku 4.7.

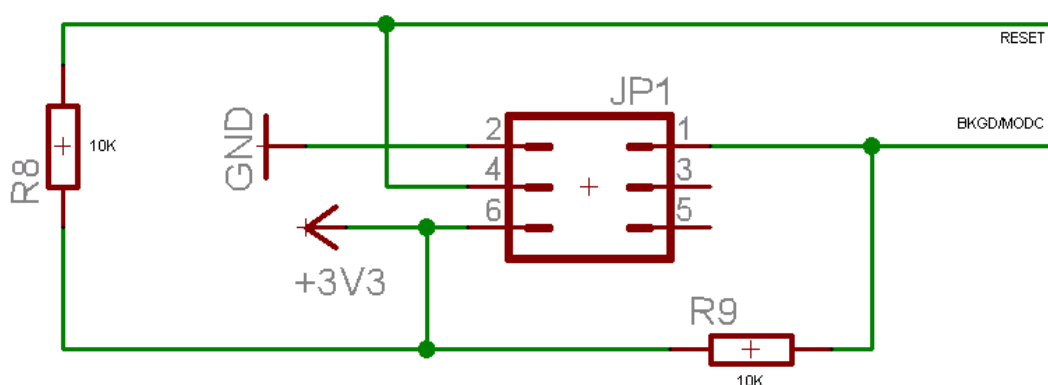


Obrázek 4.7 Pierceovo zapojení oscilátoru

Hodnoty jednotlivých součástek jsme použili podle doporučení výrobce, kde $R_B = 5000\Omega$, C_3 a $C_4 = 15\text{pF}$ a $R_S = 0\Omega$. Ve skutečnosti je zde ovšem zanedbatelný odpor vodiče, které propojuje R_B se vstupem XTAL.

4.8 ZAPOJENÍ INTERFACU (BACKGROUND DEBBUG MÓD)

Toto zapojení slouží jako interface mezi PC a mikrokontrolérem. Prostřednictvím tohoto konektoru se bude nahrávat, ladit a opravovat SW. Při jeho návrhu se řídíme doporučením od výrobce. Schéma zapojení podle výrobce je znázorněno na obrázku 4.8.



Obrázek 4.8 Schéma zapojení BKGD

5. NÁVRH DESKY PLOŠNÉHO SPOJE

5.1 ÚVODNÍ INFORMACE

Je potřeba si uvědomit, jak začneme. Jelikož je ve schématu poměrně složitý mikrokontrolér s 80 vývody, bude nejspíše potřeba použít dvouvrstvou desku. Velikost této desky je dána množstvím součástek, použitím výkonových částí nebo také umístěním chladičů na stabilizátorech napětí.

V našem případě si ponecháme rezervu co do velikosti samotné desky, protože se jedná o prototyp a je těžké předem odhadnout, jaké úpravy budou potřeba udělat. Proto jsme určili rozměry na 165x130mm.

V následujících kapitolách si postupně popíšeme návrh layoutu pro jednotlivé části našeho systému.

5.2 NAPÁJECÍ ČÁST

Jelikož se jedná o část, o které se dá říci, že je výkonová, je potřeba při jejím návrhu na tuto skutečnost brát zřetel. Jelikož je zde možnost, že touto částí potečou velké proudy (až jednotky ampér), je potřeba jí oddělit od všech signálových vodičů a jiných částí. Z tohoto důvodu se napájecí část umístí do některého rohu desky.

5.2.1 Rozvržení součástek

Pokud se podíváme na schéma této části (obrázek 5.1), dominantní prvky jsou stabilizátory napětí, ke kterým jsou připojeny pomocné blokovací kondenzátory. Pokud jsme si tedy určili umístění ve spodním rohu desky, je potřeba k okraji připojit konektory pro externí napájení. K tomuto konektoru v co nejmenší možné vzdálenosti je potřeba umístit blokovací kondenzátory C1 a C8.

Stabilizátor IC1 umístíme poblíž vstupu napájení do desky, abychom vodiče tohoto napájení vedli co nejmenší vzdálenosti. Stabilizované napětí 12V, které je na výstupu IC1 už můžeme vést deskou s menšími riziky šíření rušivých signálů po zařízení.

Ke vstupnímu napájení ovšem musíme připojit vodič, který nám tento signál přivede na odporový dělič a nachystá ho na měření napětí A/D převodníkem. Tento vodič je co nejmenší, jelikož nechceme, aby se přes něj dostávaly do jiných signálových částí rušivé vlivy.

Blokovací kondenzátory na výstupu IC1 a na vstupu stabilizátoru IC2 umístíme tak, aby jeden byl co nejblíže k IC2 a druhý tak, aby byl mezi IC2 a konektorem pro napájení čidel. Jinými slovy, jeden blokovací kondenzátor by měl být blízko konektoru pro napájení čidel. Blokovací kondenzátory na výstupu IC2 jsou poté umístěny v obvodu tak, aby blokovaly vždy nějakou důležitou část, která je tímto napětím napájena. Kondenzátor C4 je blízko výstupu IC2 a blokuje celý obvod. Kondenzátor C6 je blokovací kondenzátor pro mikrokontrolér a je umístěn na spodní straně desky tak, aby byl k napájecím vstupům co nejblíže. Kondenzátor C7 je poté umístěn mezi spínanými LED diodami a vodičem, který vede k mikrokontroléru.

5.2.2 Vedení země

Při snaze o minimalizaci rušivých vlivů, které se deskou mohou šířit vlivem špatného navržení zařízení je potřeba, aby části, které jsou na rušení citlivé, byly patřičně upraveny.

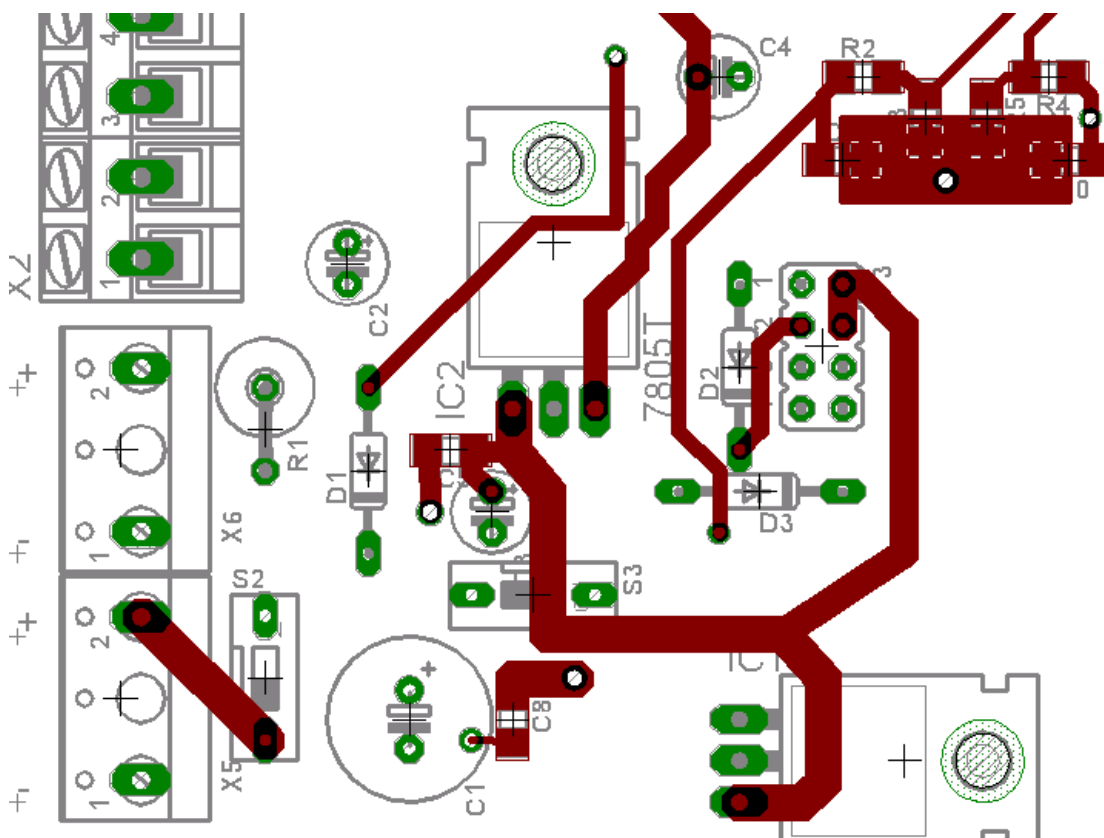
Jednou z těchto částí je zem. Která je společná jak pro výkonnou část, tak pro signálovou část. Pokud by se ale zem vedla svévolně a bez pravidel, vedlo by to v krajním případě až k nefunkčnosti celého zařízení. Proto si řekneme některé informace, které tomu mají zabránit.

Aby se nám podařilo co nejlépe oddělit jednotlivé země (výkonovou, signálovou), je potřeba tyto země spojit v jednom době co nejblíže výstupním svorkám zdroje. V našem případě zde máme zem pro napětí 3,3V, 12V a zem vstupního napětí. Vstupní napětí se přivede na vstupní svorku IC1, a proto se touto svorkou nebudeme více zabývat. Problém nastává při oddělení země pro 3,3V a 12V.

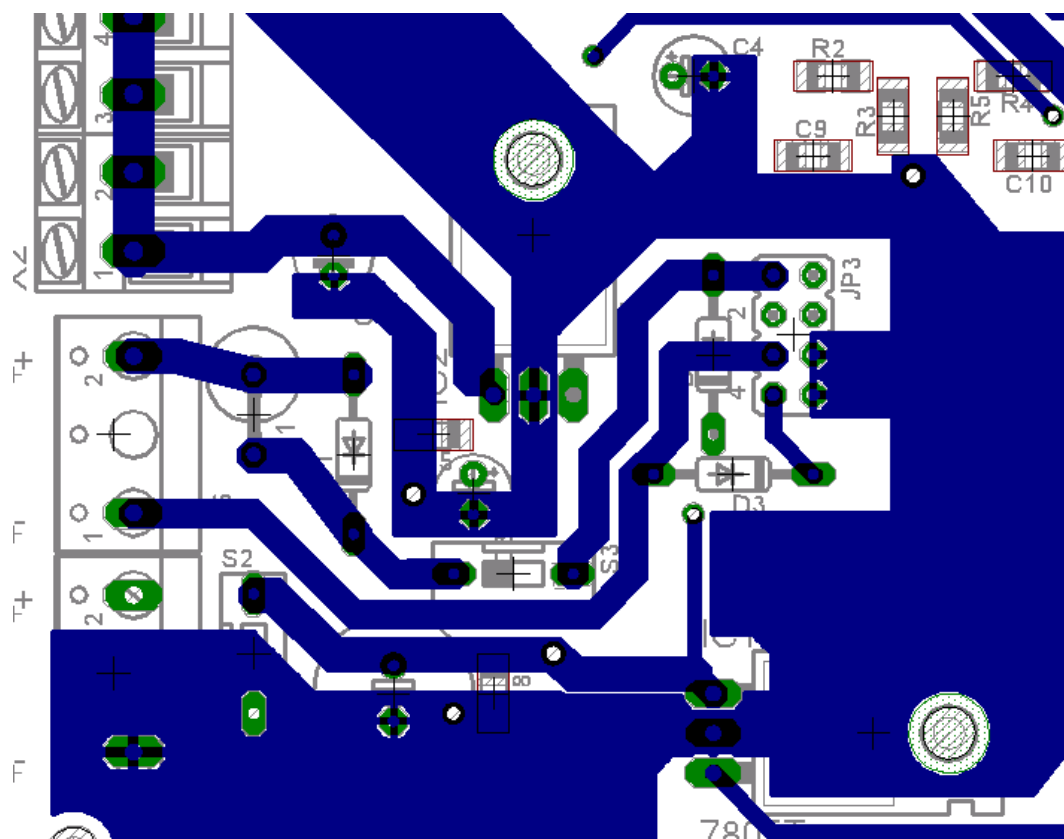
Jelikož na potenciálu 3,3V jsou umístěny pomocné obvody pro mikrokontrolér, fyzická vrstva pro komunikaci přes ethernet, pomocné obvody pro vyhodnocování čidel a napájení LED diod, kde všechny prvky jsou více méně citlivé na výkyvy napětí, je důležité dobře zvolit místo a blokování mezi potenciálem 12V a

3,3V. Toto místo jsme zvolili mezi IC1 a IC2 a k blokování je použit kondenzátor C4, který je umístěn v těsné blízkosti spojení obou zemí.

Další velmi podstatnou zásadou při vedení země je velikost vodiče, po kterém se vede. K tomuto účelu používáme polygony, které nám vytvoří velkou plochu, po které se zem vede. Je to z toho důvodu, aby se proud v této svorce rovnoměrně rozložil a nevznikaly zde rušivé vlivy.



Obrázek 5.1 Rozvržení součástek a vrchní vrstva vodičů napájecí části



Obrázek 5.2 Rozvržení součástek a spodní vrstva vodičů napájecí části

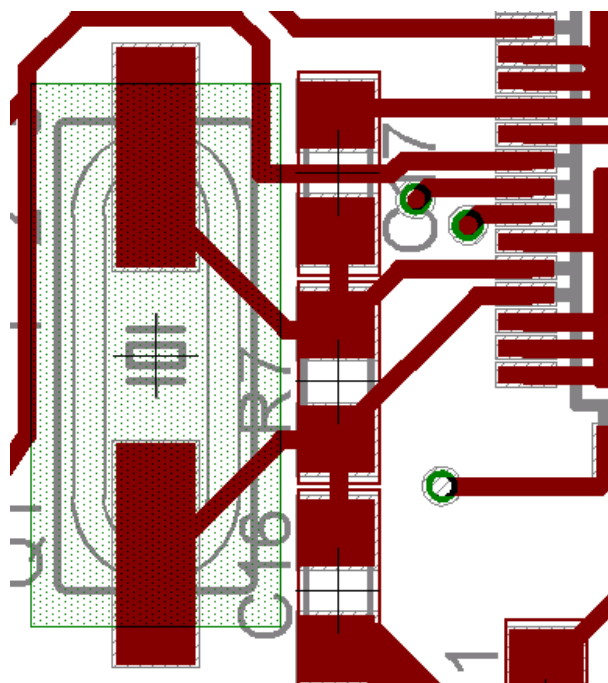
5.3 ZAPOJENÍ OSCILÁTORU A JINÝCH PRVKŮ K MIKROKONTROLÉRU

Pokud zapojujeme součástku, jako je oscilátor, který pracuje s frekvencí 25MHz, je nezbytné, aby všechny vodiče, které v tomto zapojení použijeme, byly co nejkratší. V opačném případě se vystavujeme riziku, že na těchto vodičích bude vznikat elektromagnetické záření, které by fungovalo jako anténa a do okolí by vyzařovala rušivý signál o kmitočtu 25MHz.

V jiném případě by na dlouhých vodičích mohly vznikat rušivé signály z jiného zdroje. To by mohlo mít na následek zkreslení výstupu oscilátoru a v krajním případě k nefunkčnosti zařízení.

Dalším citlivým bodem zapojení je zem. Z tohoto důvodu se snažíme zem vést k nejbližší zemi o stejném potenciálu a v jednom bodě ji s ní spojit.

Aby mikrokontrolér pracoval správně, je potřeba k němu zapojit různé reference napětí, blokovací kondenzátory, filtry apod. Informace o způsobu zapojení a výběru vhodných součástek se dozvíme v datasheetu mikrokontroléru. Všechny tyto součástky musejí být umístěny v těsné blízkosti vstupů tak, aby vodiče měli co nejmenší vzdálenost a zamezilo se tak vzniku rušivých signálů. Reference napětí by měli být opatřeny blokovacími kondenzátory a měli by být odděleny od výkonových prvků.



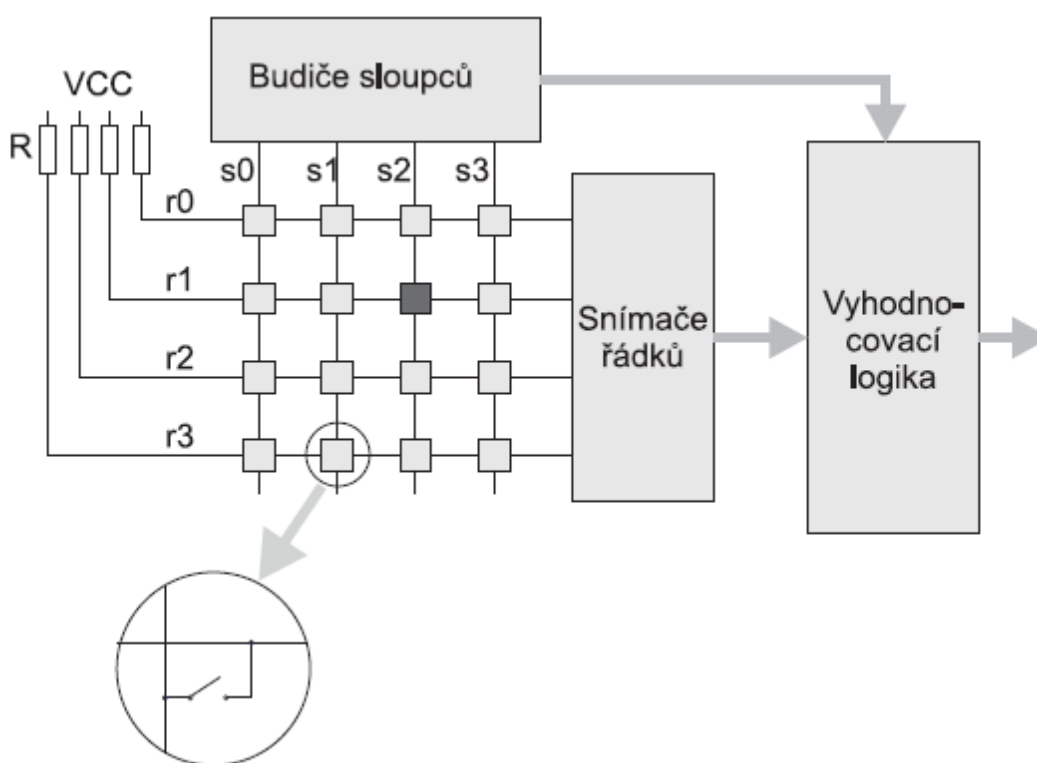
Obrázek 5.3 Zapojení oscilátoru k pinům mikrokontroléru

6. SOFTWARE VYBAVENÍ ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY

V této kapitole rozebereme možnosti, jak programově ovládat námi navržené obvody. Hlavně se zaměříme na obsluhu klávesnice, časovače a obsluhu přerušení. Na závěr kapitoly si řekneme něco o možnosti komunikace našeho systému s nadřazeným PC pomocí ethernetu.

6.1 OBSLUHA KLÁVESNICE

V našem systému je použita maticová klávesnice. Její princip je znázorněn na obrázku 6.1.

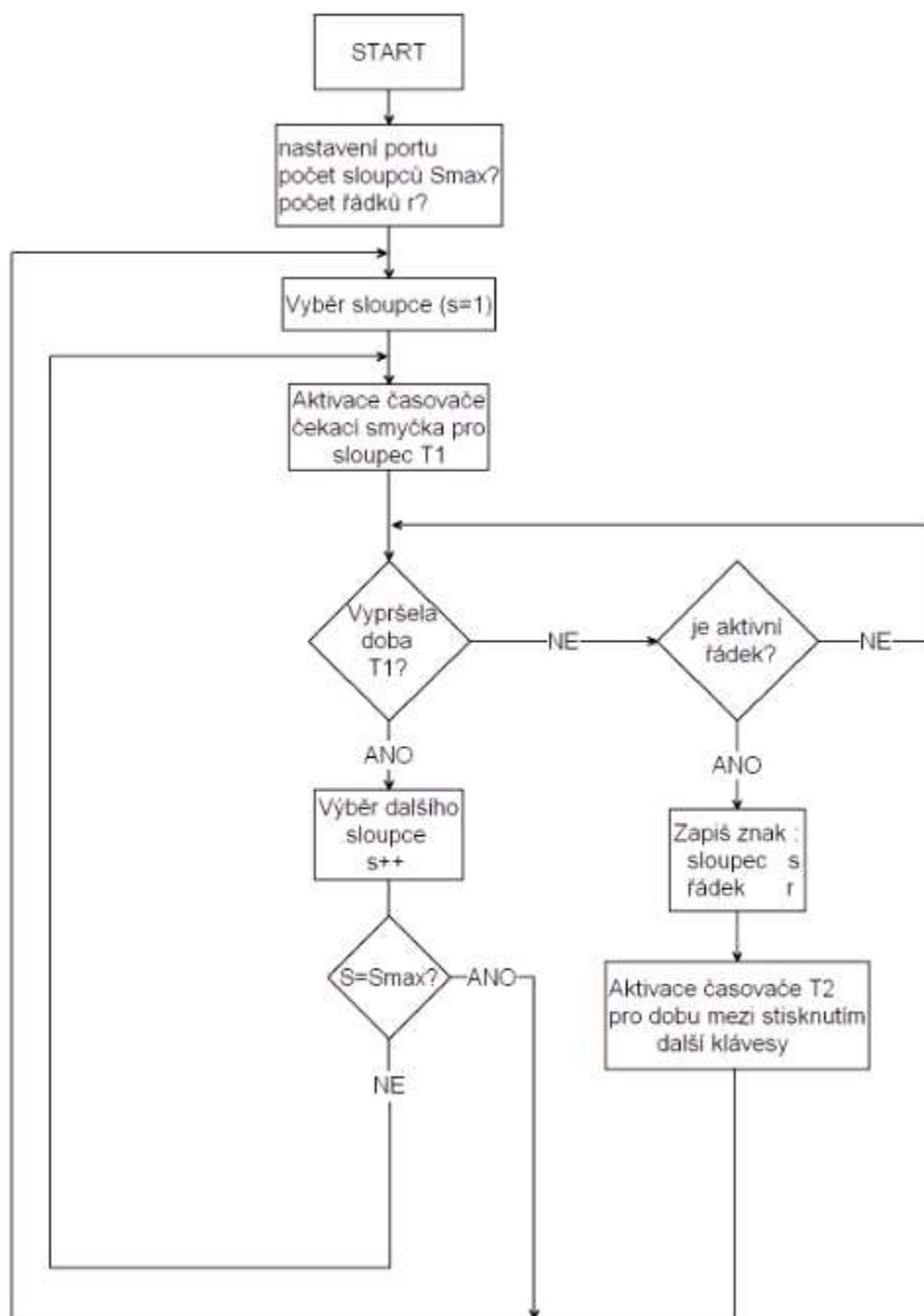


Obrázek 6.1 Schéma maticové klávesnice 4x4

Obrázek 6.1 je pouze ilustrační, protože v našem případě máme k dispozici klávesnici 4x3, tedy 3 sloupe a 4 řádky. Princip ovšem zůstává stejný. Abychom byly schopni zjistit stisknutí klávesy, musíme budít buďto řádky nebo sloupce. Pokud tedy budíme sloupce, musíme snímat řádky. Program na obsluhu klávesnice tedy bude střídavě budít vždy pouze jeden sloupec a při aktivním sloupci zjistí, jestli není aktivní některý řádek. Pokud nebude aktivní žádný, bude pokračovat na další sloupec. Pokud ovšem zjistí, že je některý řádek aktivní, musí spustit rutinu, která zajistí, aby se toto tlačítko přečetlo pouze jednou. To je řešeno čekací smyčkou, která se spustí při aktivním tlačítku. Pokud by tato čekací smyčka nebyla, tlačítko by se ukládalo vícekrát a to není žádoucí.

V našem případě je konektor pro klávesnici připojen k portu S mikrokontroléru S12NE64. Z programového hlediska tedy musíme zajistit, aby piny, na které jsou připojeny sloupce, byly výstupy a piny, kde jsou připojeny řádky, byly vstupy. Toho docílíme nastavením příslušných bitů v registru DDRS. U pinů, které slouží jako vstupy je potřeba povolit a nastavit pull-rezistory. To jestli se bude jednat o pull-up nebo pull down rezistory rozhodneme tak, že vybereme způsob buzení sloupců. Pokud bude aktivní sloupec brát v log. 0, řádky musejí být nastaveny jako pull-down, pokud bude aktivní sloupec v log. 1, poté musí být vstup řádku nastaven jako pull-up. Registr pro povolení pull rezistorů se PERS a registr pro nastavení druhu pull rezistoru se jmenuje PPSS.

Na následujícím obrázku 6.2 je znázorněn algoritmus, podle kterého se dá obsluhovat maticová klávesnice.



Obrázek 6.2 Algoritmus pro obsluhu maticové klávesnice

6.2 OBSLUHA AD PŘEVODNÍKU

Při vytváření programu pro AD převodník musíme napřed nastavit vlastnosti převodu a poté teprve spustit a vyhodnotit převod. Pomocí kontrolních registrů ATDCTL1 až ATDCTL5 budeme jednotlivé parametry nastavovat. V první řadě je potřeba aktivovat referenční napětí pro blok převodníku. To je provede nastavením bitu ADPU v registru ATDCTL2. V registru ATDCTL3 nastavíme, kolik převodů se má uskutečnit v jedné sekvenci. Výsledky jednotlivých převodů v sekvenci se podle provedeného pořadí uloží do registrů ATDDR0 až ATDDR7. Může se poté udělat například průměr změřených hodnot a tím zvýšit přesnost převodu. Abychom určily, který vstupní kanál převodníku se bude převádět, musíme nastavit patřičný bit v registru ATDCTL5. Napětí z akumulátoru je přivedeno na vstup AN0 a vstupní síťové napětí je přivedeno na vstup AN1.

Jakmile toto nastavíme, čekáme až se v registru ATDSTAT0 nenastaví bit SCF, který signalizuje ukončenou převodní sekvenci. Výsledek převodu je uložen v příslušném registru. Hodnota v něm ovšem není na první pohled vypovídající. Aby byla, musíme provést přepoččet na hodnotu napětí ve voltech.

Jelikož nebudeme počítat s plovoucí řádovou čárkou, výsledek přepočtu bude ve tvaru XXYY, kde XX jsou desítky a jednotky voltu a YY jsou desetiny a setiny voltu (např. výsledek 2245 odpovídá 22,45V). Abychom tohoto výsledku dosáhly, musíme použít pro výpočet poměr na příslušném odporovém děliči.

Příklad výpočtu upravení výsledku převodu pro síťové napětí:

Hodnota výsledku v registru ATDDR je ukládána v 16 bitové hodnotě, ale pouze 10 bitů se bere jako výsledek. Proto je potřeba přepočítat maximální hodnotu výsledku.

$$H_{\max} = FFC0_h = 65472. \quad (15)$$

Pomocí přepočtu odporového děliče zjistíme, jaká hodnota odpovídá výsledku H_{\max} . V děliči jsou použity hodnoty odporů 110kΩ a 1M2Ω. Po dosazení do upraveného vzorce (16), dostaneme maximální měřitelné napětí.

$$U_{vst} = \frac{U_{vys}}{\frac{R2}{R1 + R2}} = \frac{3,3}{\frac{110000}{110000 + 1200000}} = 39,28V \quad (16)$$

Hodnotě 65472 tedy odpovídá vstupní napětí o hodnotě 39,28V. Aplikací trojčlenky jsme schopni vypočítat velikost napětí libovolného výsledku. Hodnotu pro přepočet výsledku na napětí vypočteme podílem U_{vst}/H_{max} .

$$\frac{U_{vst}}{H_{max}} = \frac{39,28}{65472} = 5,9995 \cdot 10^{-4} \quad (17)$$

Abychom se ve výpočtu vyhnuly počítání s plovoucí řádovou čárkou, upravíme toto číslo tak, aby se počítalo s celými čísly. Proto hodnotu registru ATDDR vynásobíme číslem 6 a poté abychom dostaly hodnotu napětí v námi určeném tvaru, vydělíme mezivýpočet hodnotou 100. Příklad výpočtu je znázorněn níže:

$$U = \frac{6H}{100} = \frac{6 \cdot 40000}{100} = 2400 \quad (18)$$

Při hodnotě registru 40000 odpovídá vstupní napětí hodnotě 24V. Obdobný postup použijeme u výpočtu pro dělič u měření napětí akumulátoru.

Program pro obsluhu AD převodníku:

```
void AD (void) {
    int cin = 60;      //Hodnota dělicího poměru pro výpočet napětí
    ATDCTL2 = 0x80;    //přivedení napětí do převodníku
    ATDCTL3 = 0x08;    //nastavení délky sekvence pro převod
    ATDCTL5 = 0x01;    //nastavení pinu pro převod
    while(!(ATDSTAT0 & 0x80)) {} //delay pro převod AD převodníku
    hod = ATDDR0;      //uložení výsledku převodu do pomocné proměnné
    pom_hod = (hod*cin);
    U_sit = (pom_hod/100); //výpočet samotného napětí
    if (U_sit > 1300 & U_sit < 3000) //zjištění správného napětí
    PTL = 0x03;        //indikace výsledku rozsvícením LED diody
    else
    PTL = 0x00;        //indikace výsledku rozsvícením LED diody
}
```

6.3 PŘERUŠOVACÍ RUTINY PRO PŘERUŠENÍ Z PORTŮ

Když budeme chtít, aby změna na vstupu mikrokontroléru vyvolala přerušení, musíme zjistit, na kterém portu jsou signály zapojeny. V našem případě jsou výstupy z čidel přivedeny na port G a J a výstup z obvodu pro detekci násilného vniknutí je přiveden na port J. V datasheetu si najdeme adresu vektoru přerušení pro tyto porty a v přerušovací rutině použijeme číslo přerušení, abychom určili, které přerušení má udělat kterou činnost. Číslo vektoru pro přerušení na portu J je 24 a pro port G je číslo 26. Příklad přerušovací rutiny:

```
void interrupt 26 inter_port_G() {  
    //program k vykonání přerušení  
}
```

Aby bylo přerušení funkční, musíme pro jednotlivé vstupy povolit přerušení v registru PIEJ popřípadě PIEG a podle jednotlivých bitů v registru PIFJ popřípadě PIFG zjistit, který vstup přerušení vytvořil.

6.4 OBSLUHA REAL-TIME INTERRUPT (RTI)

Funkce real time interrupt (RTI) je schopna nezávisle na zatížení jádra mikrokontroléru dávat informace o časových intervalech a pomocí toho je schopen pracovat v reálném čase. V našem případě jsme pomocí RTI schopni vytvořit časovač, který nám umožní realizovat hodiny, využívané v další části programu.

Při nastavování RTI je potřeba povolit přerušení RTI, vynulovat bit RTIF a LOCKIF v registru CRGFLG. Jedině tak budeme schopni zaregistrovat přerušení. Nejdůležitější čas při inicializaci je nastavení děličky řídicí frekvence a nastavení hodnoty časovače, pro definování periody RTI.

Následující ukázka programu nastavuje RTI přerušení a v přerušovací rutině každou vteřinu bliká s LED diodami.

```
#include <hidef.h>
#include <MC9S12NE64.h>
#pragma LINK_INFO DERIVATIVE "mc9s12ne64"
#define IRQCR (*(unsigned char*)0x001E)
#define Trti 24414          //hodnota udávající počet RTI pro dobu 1s
volatile int time_rst;
volatile int rti;

void interrupt 7 real_time_inter() {
    rti++;          //inkrementace pomocné proměnné
    if (rti == Trti) {
        rti = 0;      //vynulování pomocné proměnné
        time_rst++;    //úkon k provedení při přerušení RTI
        PTL = ~PTL;    //úkon k provedení při přerušení RTI
    }
    CRGFLG = 0x80;    //vycistění registru (flag RTIF a LOCKIF)
}

void main(void) {
    DDRL = 0x07;      //nastavení jako vystup
    PTL = 0x07;        //zhasnutí kontrolních LED diod
    IRQCR = 0x00;      //zakázaná přerušení IRQ
    CRGFLG = 0x80;      //vynulování flagu RTIF pro RTI
    CRGINT = 0x80;      //povolení RTI
    RTICTL = 0x10;      //nastavení hodnoty periody pro RTI
    EnableInterrupts;
    for(;;) {}
}
```

Postup při nastavování registru RTICTL, který slouží právě k určení periody RTI si ukážeme níže, kde budeme vytvářet rutinu pro periodu 1 sekunda. V první řadě je potřeba vědět, jaká je řídicí frekvence (BUS clock) našeho mikrokontroléru. Ta se vypočte podle vzorce (24).

$$BUSELOCK = \frac{2OSCCKL}{2} = OSCCKL, \quad (19)$$

kde OSCCKL je frekvence oscilátoru. BUSELOCK se tedy rovná 25MHz.

Dalším krokem je určení děličky a hodnoty časovače. Zde je potřeba zvolit vhodné hodnoty, aby podíl frekvence na výstupu děličky a hodnotou časovače bylo celé číslo nebo číslo velmi blízké číslu celému. Nejlépe těmto kritériím odpovídá hodnota 1024 (dělička je 1:1 a hodnota časovače je 1024).

$$\frac{CLOCK}{X} = \frac{25000000}{1024} = 24414,0625. \quad (20)$$

Tímto výpočtem jsme zároveň vypočetli, kolikrát se musí přerušení RTI vykonat, aby nastala doba 1 sekundy.

Jelikož ale není výsledek výpočtu (25) celé číslo, pracujeme se stále narůstající chybou. Tuto chybu vypočteme tak, že vynásobíme 1024 a 24414 čímž dostaneme, kolik taktů se vykoná v době 1 sekundy.

$$Q = 1024 \cdot 24414 = 24999936. \quad (21)$$

Během námi zjištěné jedné sekundy tedy proběhne 24999936 taktů, ale ve skutečnosti by mělo proběhnout 25000000 taktů. Tento rozdíl je námi hledaná časová chyba, která činí:

$$(BUSELOCK - Q)BUSELOCK^{-1} = (25000000 - 24999936)25000000^{-1} = 64 \cdot 4 \cdot 10^{-8} = 2,56 \cdot 10^{-6} s \quad (22)$$

Pro zajímavost aby se ve výpočtu projevila časová chyba rovné jedné sekundě, musí uplynout doba 108,5 hodin. Proto by při každodenní synchronizaci času s nadřazeným PC nemělo dojít k velkým časovým nesrovnalostem.

6.5 PROGRAM PRO OVLÁDÁNÍ SIRÉNY POMOCÍ PWM

Pro ovládání sirény (reproduktoru) budeme používat výstup z mikrokontroléru, který je schopen produkovat signál PWM. Abychom věděly jak vytvořit program, musíme si říci něco o tom, jak mikrokontrolér S12NE64 signál PWM vytváří.

Jelikož budeme signál produkovat z mikrokontroléru, je potřeba patřičný pin nastavit jako výstup. Budící tranzistor je připojen na kanál 4, a proto v registru DDRT nastavíme bit DDRT4. Klíčová funkce při vytváření PWM je funkce output compare, která umožňuje provést nějakou akci při rovnosti volně běžícího časovače s registrem, kde je uložena hodnota, kterou porovnáváme pro daný bit. Při spuštění časovače tedy nastavíme počáteční úroveň výstupu na log. 1. Časovač volně běží a při shodě hodnoty časovače a hodnoty v registru se překlopí výstup na log. 0. Jakmile volně běžící časovač přeteče, vynuluje se a cyklus se znovu běží od začátku. Zároveň se při přetečení překlopí výstup kanálu na log. 1 a celý proces se tak cyklicky opakuje. Pomocí hodnoty v registru jsme schopni nastavovat střidu výstupních pulzů.

Příklad programu pro generování PWM signálu:

```
void main(void) {

    DDRT = 0x10; //nastavení výstupu pro PWM na buzzer
    TIOS = 0x10; //nastavení channelu 4 na output compare
    TCTL1 = 0x02; //nastavení OM4 na log. 1 – při rovnosti se výstup překlopí
    TSCR2 = 0x03; //nastavení děličky kmitočtu pro PWM
    TC4 = 0x7FFF; //zadáni hodnoty do registru
    TTOV = 0x10; //po přetečení citace se pin překlopí do log.1
    TCTL1 = 0x02; //po rovnosti registru a citace se překlopí do log.0
    TSCR1 = 0x80; //spuštění časovače

    for(;;) {}

}
```


7. ZÁVĚR

V této práci jsme vysvětlili principy nejpoužívanějších senzorů pro zabezpečovací systémy a zároveň je zde uvedeno i doporučení jejich montáže. Při návrhu zabezpečovacího systému jsme si definovali, jaké prostory chceme střežit a podle toho jsme navrhovaly řídicí jednotku. Střežený prostor je o velikosti běžného bytu nebo menšího obchodu či kanceláře. Přímě k řídicí jednotce je tak možno připojit až osm senzorů, které bude vyhodnocovat.

Jako jádro celého systému jsme zvolily 16 bitový mikrokontrolér od firmy Freescale, typ S12NE64, který disponuje všemi potřebnými periferiemi. Hlavní váhu při výběru měla schopnost komunikovat přes ethernet s minimem externích obvodů. Řídicí jednotka disponuje zdrojem, který zajišťuje napájení 12V a 3,3V, kde proudové zatížení 12V větve je 1,5A a u 3,3V větve je zatížení až 1A. Zdroj dokáže zajistit náhradní napájení v případě výpadku primárního napájení, kde se může jako sekundární zdroj použít buďto akumulátor, nebo jiný zdroj, který ovšem není možno nabíjet (adaptér, baterie). Jednotka dále disponuje integrovanou sirénou, která zajišťuje zvukový poplach a dalšími samoochraňujícími obvody, které v případě neoprávněného vniknutí zajistí, aby se o této činnosti dozvěděla obsluha. K jednotce je možné připojit maticovou klávesnici 4x3, která slouží k obsluze jednotky. Digitální vstupy, které přivádí signál ze senzorů jsou chráněny proti přepólování a zároveň je zde použito galvanické oddělení pomocí optočlenů, které chrání mikrokontrolér proti možnému zničení vyšším napětím. Všechny vstupy disponují indikační LED diodou, která se aktivuje v případě aktivování senzoru. Jednotka dále disponuje třemi indikačními LED diodami, které jsou připojeny přímo na výstupy mikrokontroléru a je tedy možno indikovat různá provozní či poruchové stavy. Díky zabudovaným AD převodníkům v mikrokontroléru je jednotka schopna měřit vstupní napětí a napětí na sekundárním zdroji, které je pomocí odporových děličů připojeno na její vstupy. Pro komunikaci přes ethernet je na desce připojen konektor RJ-45, který je pomocí oddělovacích transformátorů a zakončovacích odporů připojen na piny mikrokontroléru. Konektor je zapojen ve standardním zapojení variantou A, která umožňuje komunikaci 10Mb/s a 100Mb/s.

V této práci jsou dále popsány příklady programového ovládání různých periférií a obvodů jako například RTI, AD převodník, obsluha klávesnice apod. Řídicí jednotka je plně funkční a při patření ochranného krytu, zdroje napájení a uceleného programu je schopna ihned plnit funkci řídicí jednotky zabezpečovacího systému. Možné zlepšení tohoto systému spočívá ve zdokonalení obvodů pro nabíjení akumulátoru, tak, aby řídicí jednotka pouze zjišťovala hodnotu napětí na akumulátoru a pokud by zjistila nízkou úroveň napětí, spustila by nabíjecí obvod, který se o vše postará sám. Další možné zdokonalení spočívá v použití výkonnějšího reproduktoru jako sirény. Výstup budicího tranzistoru by byl vyveden na konektor, ke kterému by byl připojen onen výkonnější reproduktor.

8. LITERATURA

- [1] Freescale Documentation. MC9S12NE64 Data sheet HCS12 Microcontrollers. Rev. 1.1, 6/2006, URL: <www.freescale.com>
- [2] HRBÁČEK J. Komunikace mikrokontroléru s okolím 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1999 ISBN 80-86056-42-2
- [3] PATOČKA M. – VOREL P.: Řídicí elektronika – aktivní obvody 2. díl. Skriptum VUT. Brno 2004
- [4] Principy detekce vniku nežádoucích osob do objektu URL:<<http://elektrika.cz/data/clanky/pdvnoo020611> > [cit. 5.10.2008]
- [5] Siemens Documentation, Hall IC Switcher TLE 49x5, 1997. URL:<<http://datasheetz.com/data/Sensors,%20Transducers/Hall%20Effect/TL E4905GINCT-datasheetz.html>>
- [6] Světelné mříže = Light grid URL: < <http://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/ART279-svetelne-mrize--light-grid.html> > [cit. 5.10.2008]
- [7] Maticové snímání klávesnice: URL: < home.zcu.cz/~dudacek/PZ/klavesnice.pdf > [cit. 20.5.2009]
- [8] HOLTEK Documentation. HT71XX Data sheet HT7133 High Voltage Regulator. 8/2000. URL:<<http://www.holtek.com.tw>>
- [9] STMicroelectronics Documentation. Data sheet L4940 series very low drop 1.5A regulators, 1999,. URL:<<http://www.st.com>>
- [10] MOTOROLA semiconductor technical data, High current transistors BC489,A,B. 1996. URL:<<http://Design-NET.com>>
- [11] cosmo ELECTRONICS CORPORATION Documentation. Data sheet KP1040 high reliability photo coupler, 2002. URL:<<http://www.cosmo-ic.com>>
- [12] Diotec Semiconductor Documentation. 1N5059 silicon Rectifiers Data sheet, 2/2002. URL:<http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/1/N/5/0/1N5059.shtm l >

- [13] SEMTECH ELECTRONICS LTD. Documentation. 1N4148 Silicon epitaxial planar diode Data sheet, 9/2007. URL:<
http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/1/N/4/1/1N4148.shtm
l>

SEZNAM TABULEK

Číslo tabulky	popis	stránka
č.1	Maximální odebíraný proud pro napětí 3,3V	25
č.2	Maximální odebíraný proud pro napětí 12V	25
č.3	Celkový odběr podle napětí	26

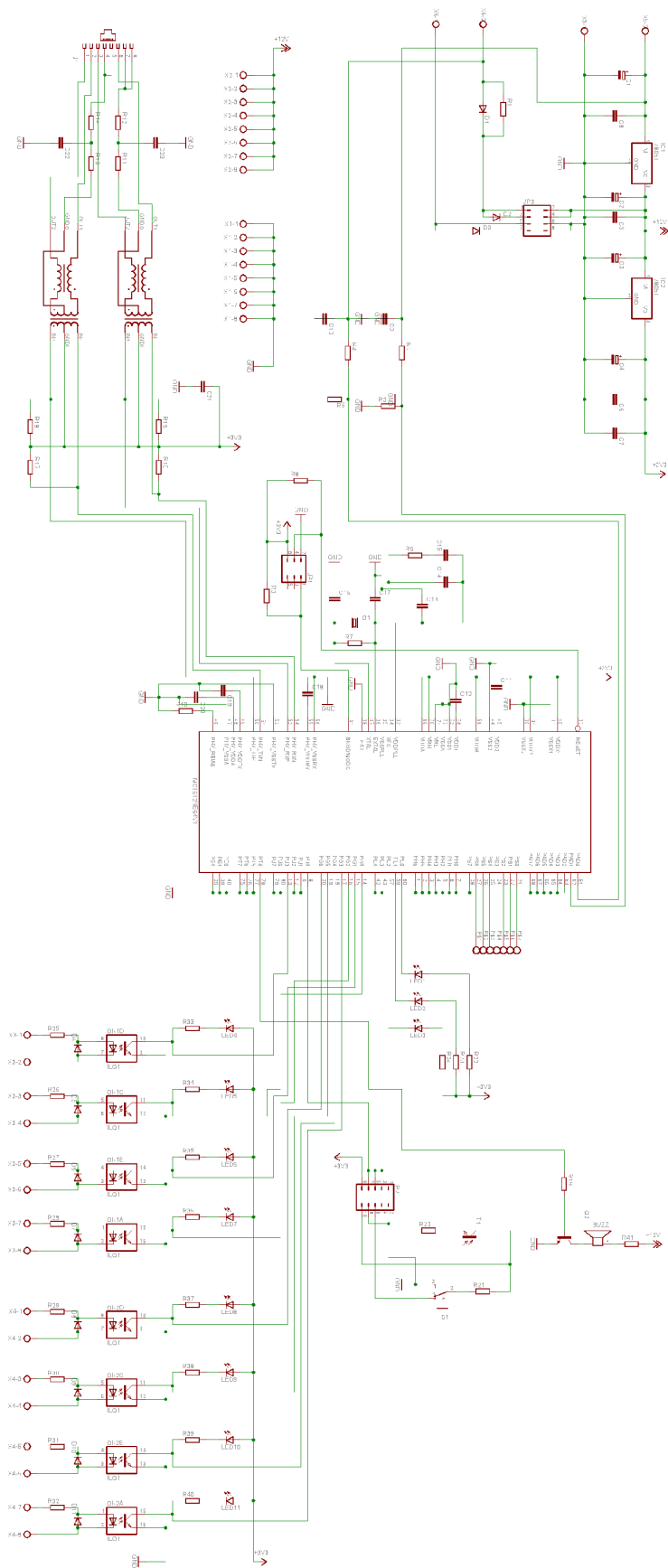
SEZNAM ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
PIR		Pyroelektrické detektory
RTI		Real time interrupt
MCU		Multipoint Control Unit
DPS		Deska plošných spojů
V_{SSPLL}	Volt [V]	Zemnicí svorka pro PLL blok
EXTAL		Vstup pro oscilátor
XTAL		Výstup pro oscilátor
BKGD		Background debug mód
AD		Analog-digital převodník
PC		Personal computer
AN		Analogový vstup
OSCCKL		Frekvence oscilátoru
BUSCLOCK		Vnitřní frekvence mikrokontroléru
EMACV1		Ethernet Media Access Controller
EPHYV2		Ethernet Physical Transceiver
PWM		Pulzní šířková modulace

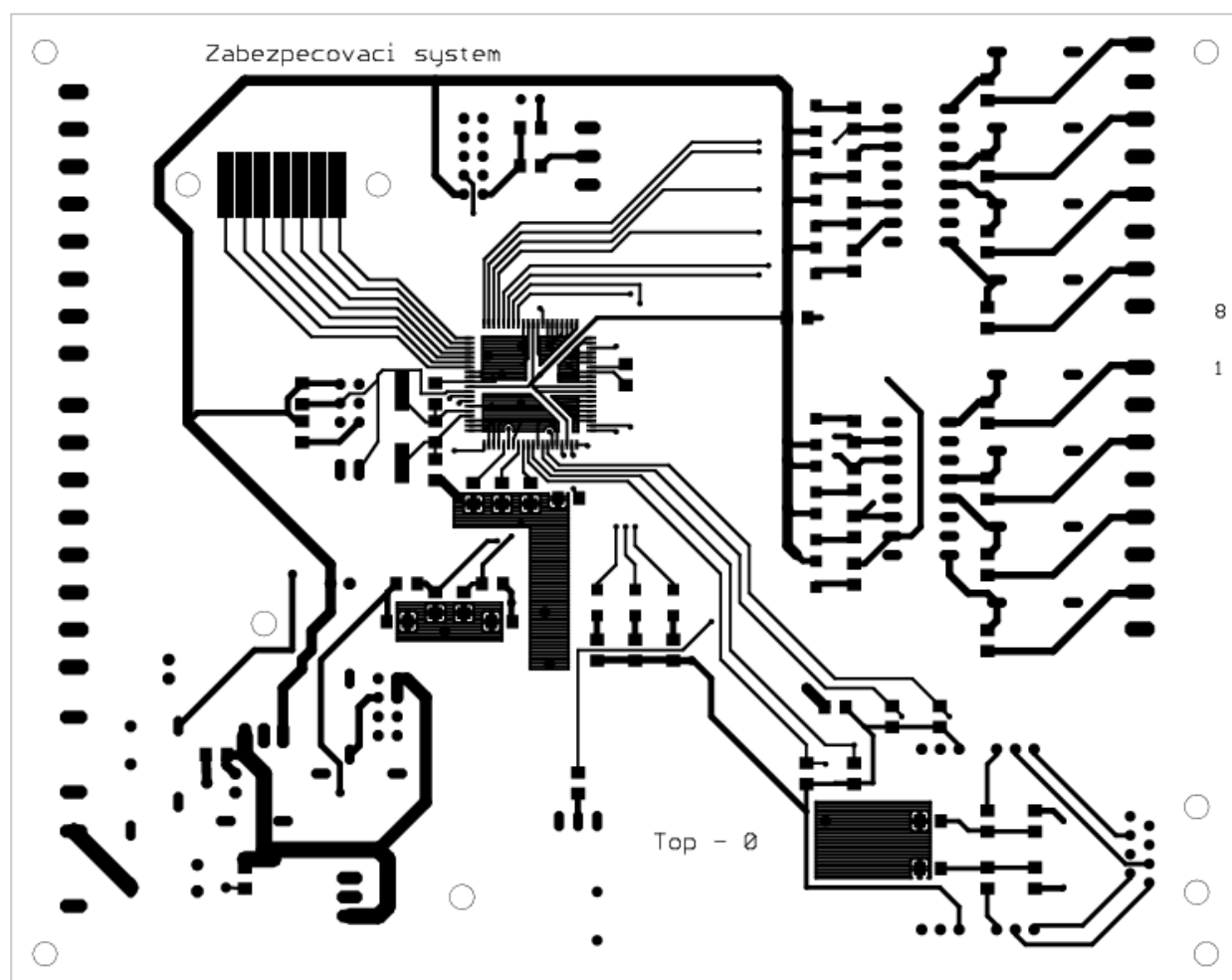
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Schéma zabezpečovacího systému
- Příloha 2 Vrchní strana plošného spoje zabezpečovacího systému
- Příloha 3 Spodní strana plošného spoje zabezpečovacího systému
- Příloha 4 Rozložení součástek – horní strana
- Příloha 5 Rozložení součástek – spodní strana
- Příloha 6 Seznam součástek
- Příloha 7 Foto vyrobené řídicí jednotky – pohled shora

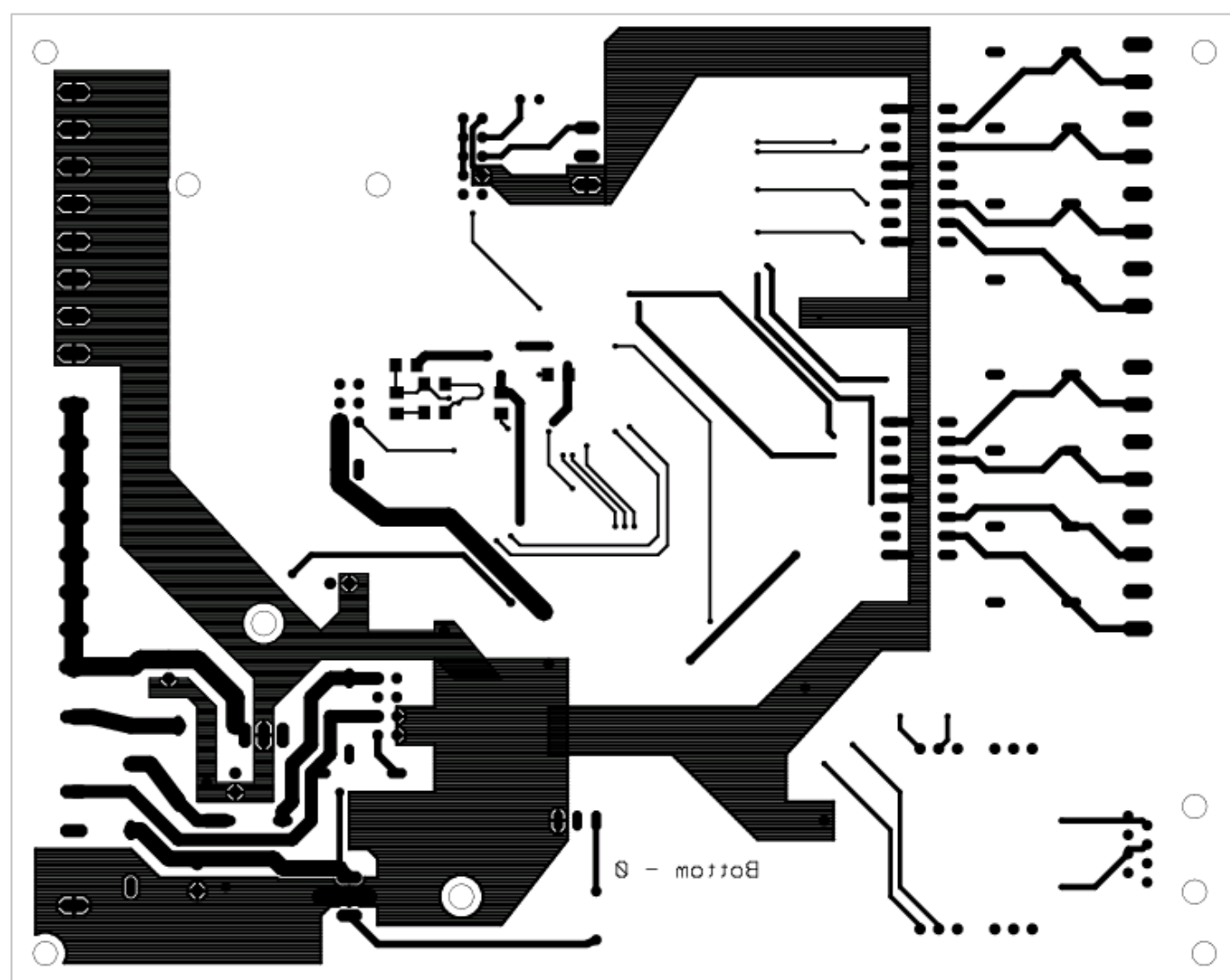
Příloha 1



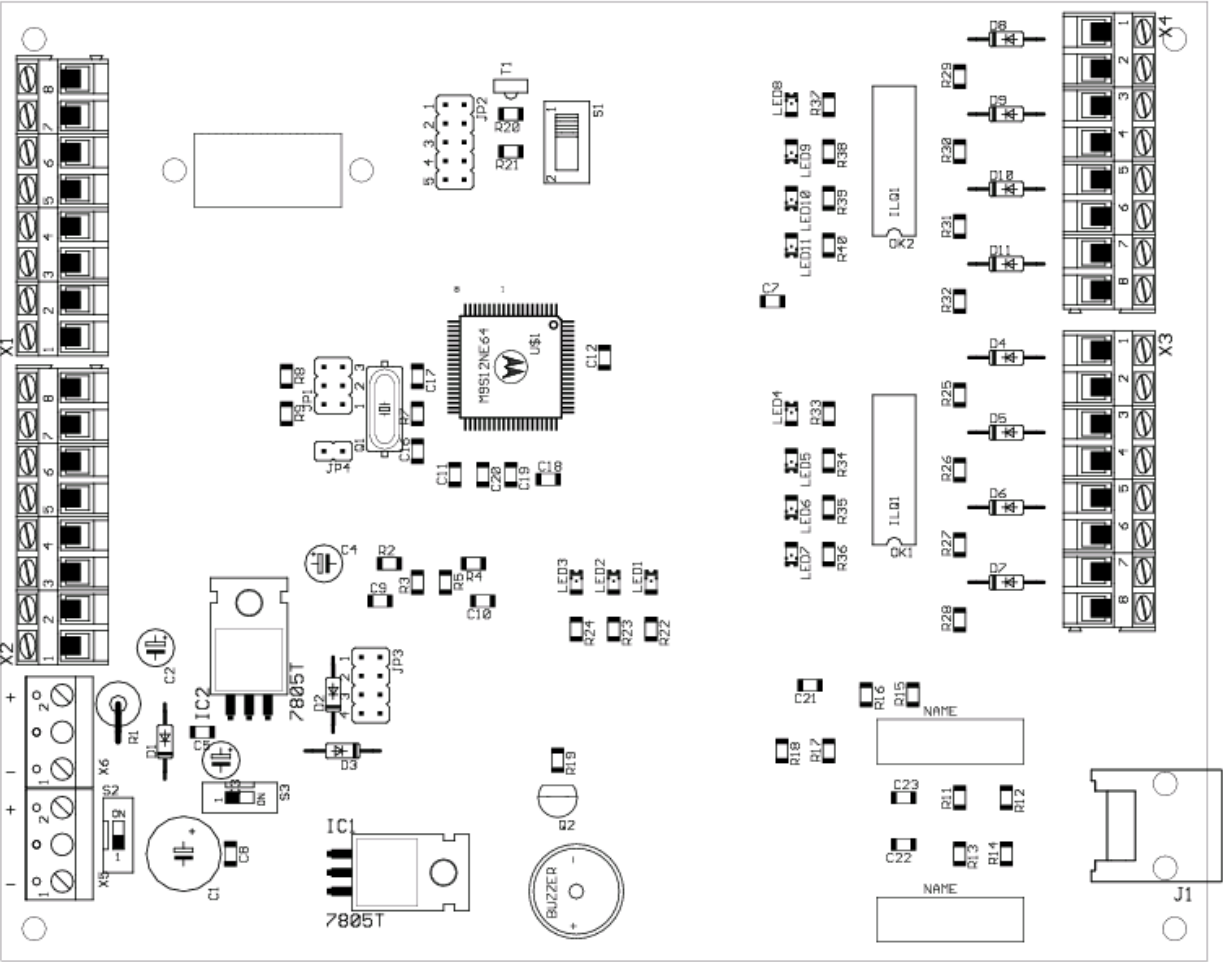
Příloha 2



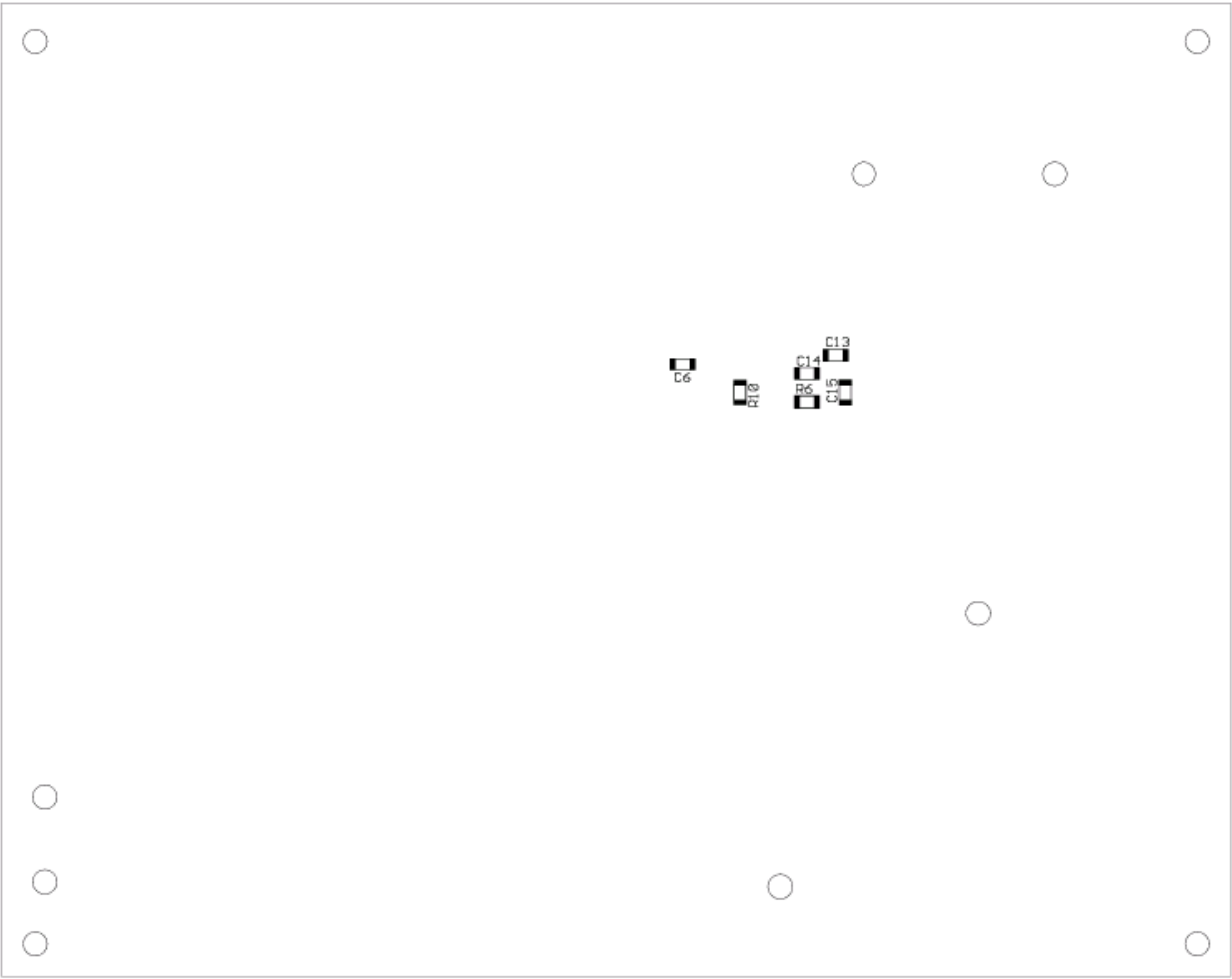
Příloha 3



Příloha 4



Příloha 5



Příloha 6

Označení	Název	Hodnota	Typ	Výrobce (dodavatel)
C1	Kondenzátor	2,2uF	E100M/35VT-HB	GM Electronic
C2	Kondenzátor	2,2uF	E22M/50VT	GM Electronic
C3	Kondenzátor	2,2uF	E22M/50VT	GM Electronic
C4	Kondenzátor	2,2uF	E22M/50VT	GM Electronic
C5	Kondenzátor	0,1uF	SMD 1206	GM Electronic
C6	Kondenzátor	0,1uF	SMD 1206	GM Electronic
C7	Kondenzátor	0,1uF	SMD 1206	GM Electronic
C8	Kondenzátor	0,33uF	SMD 1206	GM Electronic
C9	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C10	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C11	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C12	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C13	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C14	Kondenzátor	470pF	SMD 1206	GM Electronic
C15	Kondenzátor	4700pF	SMD 1206	GM Electronic
C16	Kondenzátor	15pF	SMD 1206	GM Electronic
C17	Kondenzátor	15pF	SMD 1206	GM Electronic
C18	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C19	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C20	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C21	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C22	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
C23	Kondenzátor	220nF	SMD 1206	GM Electronic
D1	Dioda		1N5062	Diotec Semiconductor
D2	Dioda		1N5062	Diotec Semiconductor
D3	Dioda		1N5062	Diotec Semiconductor
D4	Dioda		1N4148	SEMTECH ELECTRONICS
D5	Dioda		1N4148	SEMTECH ELECTRONICS
D6	Dioda		1N4148	SEMTECH ELECTRONICS
D7	Dioda		1N4148	SEMTECH ELECTRONICS
D8	Dioda		1N4148	SEMTECH ELECTRONICS
D9	Dioda		1N4148	SEMTECH ELECTRONICS
D10	Dioda		1N4148	SEMTECH ELECTRONICS
D11	Dioda		1N4148	SEMTECH ELECTRONICS
IC1	Napěťová reference	12V/1,5A	L4940	STMicroelectronics
IC2	Napěťová reference	3,3V/1A	HT7133	HOLTEK
J1	Konektor RJ-45		215877-7	GM Electronic
JP1	Konektor		Zkratovací kon.	GM Electronic
JP2	Konektor		Zkratovací kon.	GM Electronic
JP3	Konektor		Zkratovací kon.	GM Electronic
JP4	Konektor		Zkratovací kon.	GM Electronic
LED1	LED dioda		ZELENÁ LED1206	GM Electronic

LED2	LED dioda		BÍLÁ LED1206	GM Electronic
LED3	LED dioda		MODRÁ LED1206	GM Electronic
LED4	LED dioda		BÍLÁ LED1206	GM Electronic
LED5	LED dioda		BÍLÁ LED1206	GM Electronic
LED6	LED dioda		BÍLÁ LED1206	GM Electronic
LED7	LED dioda		BÍLÁ LED1206	GM Electronic
LED8	LED dioda		BÍLÁ LED1206	GM Electronic
LED9	LED dioda		BÍLÁ LED1206	GM Electronic
LED10	LED dioda		BÍLÁ LED1206	GM Electronic
LED11	LED dioda		BÍLÁ LED1206	GM Electronic
OK1	Optočlen		LTV847	Cosmo electronics corporation
OK2	Optočlen		LTV847	Cosmo electronics corporation
Q1	Oscilátor	25MHz	HC49UP	auris
Q2	Tranzistor		BC489	MOTOROLA
R1	Rezistor	100Ω	metalizovaný	GM Electronic
R2	Rezistor	1M2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R3	Rezistor	110k Ω	SMD 1206	GM Electronic
R4	Rezistor	82k Ω	SMD 1206	GM Electronic
R5	Rezistor	18k Ω	SMD 1206	GM Electronic
R6	Rezistor	2k2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R7	Rezistor	10M Ω	SMD 1206	GM Electronic
R8	Rezistor	10k Ω	SMD 1206	GM Electronic
R9	Rezistor	10k Ω	SMD 1206	GM Electronic
R10	Rezistor	12k4 Ω	SMD 0805	GM Electronic
R11	Rezistor	75 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R12	Rezistor	75 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R13	Rezistor	75 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R14	Rezistor	75 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R15	Rezistor	49R9 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R16	Rezistor	49R9 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R17	Rezistor	49R9 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R18	Rezistor	49R9 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R19	Rezistor	130 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R20	Rezistor	1k8 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R21	Rezistor	1k8 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R22	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R23	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R24	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R25	Rezistor	1k2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R26	Rezistor	1k2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R27	Rezistor	1k2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R28	Rezistor	1k2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R29	Rezistor	1k2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R30	Rezistor	1k2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R31	Rezistor	1k2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R32	Rezistor	1k2 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R33	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic

R34	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R35	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R36	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R37	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R38	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R39	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R40	Rezistor	180 Ω	SMD 1206	GM Electronic
R41	Rezistor	82 Ω	metalizovany	GM Electronic
S1	Mikrospínač	125V/3A	P-DM03S2P	GM Electronic
S2	Posuvný spínač			GM Electronic
S3	Posuvný spínač			GM Electronic
T1	Fototranzistor		LPT80A	GM Electronic
X1	Svorkovnice		AK 100/2	GM Electronic
X2	Svorkovnice		AK 100/2	GM Electronic
X3	Svorkovnice		AK 100/2	GM Electronic
X4	Svorkovnice		AK 100/2	GM Electronic
X5	Svorkovnice		AK 500/2	GM Electronic
X6	Svorkovnice		AK 500/2	GM Electronic
NAME1	Oddělovací transf.		PE-68508	
NAME2	Oddělovací transf.		PE-68508	
BUZZER	Reproduktor	16 Ω		
U1	Mikrokontrolér		S12NE64	Freescale Semicon.

Příloha 7

